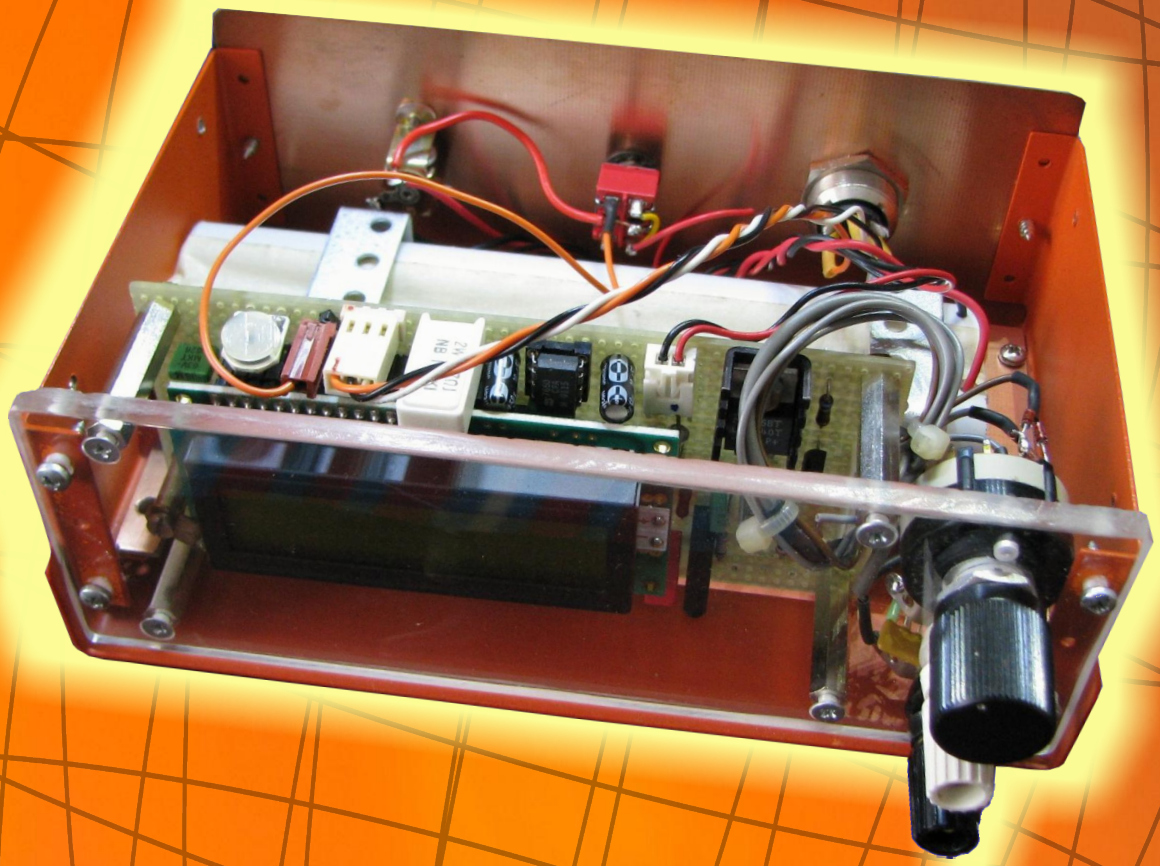
fare elettronica
n. 358-359 - Agosto-Settembre 2015

leggi Fare Elettronica su

# Realizzazione di una luce stroboscopica con ARDUINO



# VOLTMETRO DIGITALE
## DA 4 CIFRE ½ CON PIC

- Acquisizione dati da termistore con PIC18F45K22
- Amplificatori per audio di qualità (seconda parte)
- Touch Screen

**SOMMARIO**


**3** **L'Editoriale**
di Giovanni Di Maria

**4** **Acquisizione dati da termistore utilizzando il PIC18F45K22** - di Alberto Trasimeni

La termometria è un settore della metrologia che grazie all'innovazione tecnologica presenta sul mercato nuovi sensori e strumenti che possono trovare applicazioni nel settore industriale (termo resistenze miniaturizzate, termometri all'infrarosso ecc..).

**16** **Amplificatori per audio di qualità (seconda parte)**
di Massimo Di Marco

*Nella puntata precedente abbiamo visto, partendo dalla configurazione a collettore comune, come realizzare stadi d'uscita a bassa resistenza a collettore comune semplice (Single Ended) o a simmetria complementare. Abbiamo inoltre affrontato il problema della distorsione d'incrocio...*

**23** **Relax... elettronico**
*Stampa e gioca*

**26** **Touch Screen**
di Maurizio Di Paolo Emilio

*Incorporato nei telefoni, cornici digitali, pulsanti di controllo TV, telecomandi, sistemi GPS e attrezzature mediche di monitoraggio, il touch screen ha raggiunto ogni settore, ogni tipo di prodotto in tutte le dimensioni e ogni applicazione in ogni fascia di prezzo.*

**35** **Voltmetro digitale da 4 cifre ½ con micro PIC**
Ing. Giovanni Carrera

*Oggi è disponibile una vasta gamma di microcontrollori con convertitori analogici/digitali (ADC) a 10, 12 e perfino 16 bit. Essi sono molto utili per interfacciare dispositivi analogici come i sensori. In realtà i convertitori embedded presentano parecchi difetti rispetto a quelli esterni, il più evidente è la presenza di rumore con livelli ben superiori...*

**50** **Realizzazione di una luce stroboscopica con Arduino**
di Giuseppe Silano

*Lo scopo dell'articolo è guidare il lettore nella realizzazione di una luce stroboscopica con Arduino. Si tratta di un progetto semplice, che fa uso di pochi elementi (LED, resistenze, bottoni, e naturalmente Arduino), ma che espone in dettaglio tutti i passi che riguardano la realizzazione di un progetto con un microcontrollore: dall'idea, passando per lo schema circuitale, fino all'implementazione del software.*

# L'Editoriale

di *Giovanni Di Maria*

## Elettronica di più ieri o oggi?

*Quant'è strano l'hobby dell'elettronica. In passato non c'erano le tecnologie odierne. Esistevano solo componenti discreti, qualche circuito integrato "sofisticato" con una decina di piedini che uscivano dall'involucro, un saldatore e tanta, ma tanta, passione. Realizzare un lampeggiatore, un piccolo ricevitore radio o un antifurto non era proprio così semplice. Non erano disponibili nemmeno i simulatori software. Eppure molti ci riuscivano, e pure bene: si acquistavano le riviste, si bruciavano componenti e circuiti, non c'era Internet per il reperimento di schemi elettrici e idee ma gli appassionati erano tantissimi. Oggi basta un PIC oppure un piccolo "embedded" per realizzare sistemi ultra sofisticati in uno spazio minimo. Forse è proprio qui la soluzione dell'arcano: l'uomo ama e segue le cose più intriganti, affascinanti e misteriose e persegue gli obiettivi più difficili da raggiungere.*

*Giovanni Di Maria*

Fare Elettronica può essere acquistata come rivista in PDF oppure essere ricevuta acquistando una membership. I vantaggi della membership sono di tipo economico (costa quasi come la rivista) ma in più si accede in anteprima agli articoli, a molti contenuti premium e tutti i numeri precedenti di Fare Elettronica.

SCOPRI DI PIU'

# ACQUISIZIONE DATI DA TERMISTORE UTILIZZANDO IL PIC18F45K22

di Alberto Trasimeni

*La termometria è un settore della metrologia che grazie all'innovazione tecnologica presenta sul mercato nuovi sensori e strumenti che possono trovare applicazioni nel settore industriale (termo resistenze miniaturizzate, termometri all'infrarosso ecc..). Nella pratica industriale prevale in genere l'uso di strumenti tradizionali e poco sofisticati e soprattutto di basso costo. Il termistore rientra a far parte di quest'ultima categoria. Vedremo ora come utilizzarlo, mediante un semplice circuito di condizionamento e facendo uso di modelli matematici più o meno complessi.*

## TERMISTORE

Il termine termistore deriva dall'inglese "Thermal Sensitive Resistor". Si tratta di elementi termometrici che presentano, come elemento sensibile, un semiconduttore generalmente ottenuto da miscele di ossidi metallici sinterizzati. Questi composti, anche se tramite opportuni drogaggi, sono caratterizzati sia da una spiccata mobilità con la temperatura dei portatori di carica (elettroni o lacune), sia da una notevole dipendenza della concentrazione di questi ultimi con la temperatura. Ciò garantisce a questi elementi sensibili, la caratteristica di far variare la resistenza in funzione della temperatura (curva caratteristica) che risulta del tipo:

$$R=Ae^{B/T}$$

dove A, B sono delle costanti che dipendono dal materiale semiconduttore scelto. La resistenza R del termistore è ottenuta ottimizzando i rapporti tra le masse degli ossidi di nichel, magnesio, cobalto, ferro e altri in modo da ottenere il miglior compromesso fra

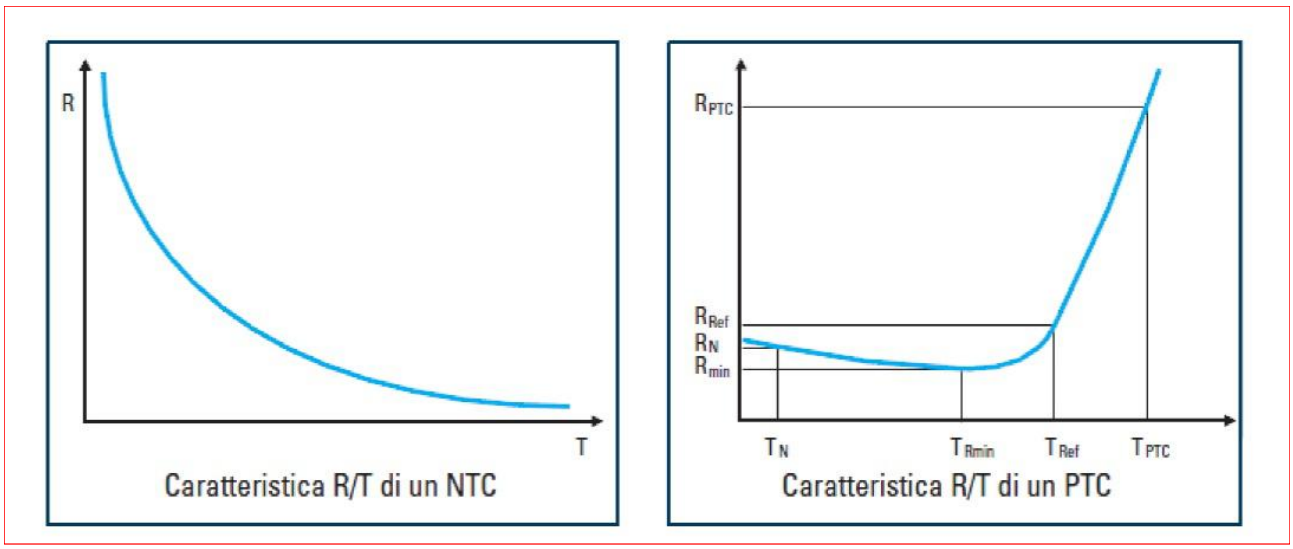



*Figura 1: grafico della curva caratteristica di un NTC e PTC.*

sensibilità e resistività. Al contrario di quanto accade per i termometri a resistenza, il valore della resistenza è decrescente al crescere della temperatura, quindi il loro coefficiente termico detto α (alfa) è negativo. Tale coefficiente non risulta costante al variare della temperatura di impiego, esso sarà più alto alle basse temperature e più basso alle alte temperature. È per questa ragione che al termine termistore si aggiunge la sigla NTC ("Negative Temperature Coefficient") per mettere in evidenza la negatività del coefficiente di temperatura. L'ordine di grandezza del coefficiente alfa va da 40.000÷60.000 $°C^{-1}$ ed è di grandezza superiore a quello dei termometri a resistenza. In verità esistono anche termistori del tipo PTC ("Positive Temperatura Coefficient") che utilizzano materiali ferroelettrici (come BaTiO3 drogato con Sb) che hanno una caratteristica lievemente decrescente con la temperatura, ma ad una temperatura detta critica, presentano una resistenza che varia positivamente e bruscamente con la temperatura. Per tutto questo i PTC sono spesso impiegati per funzioni di allarme termico. Per ciò che concerne i termistori NTC, è necessario sottolineare che il loro impiego, come sensore di temperatura si è via via affermata negli ultimi anni, per le seguenti ragioni:

- per le migliorate caratteristiche tecniche che riguardano la produzione per sinterizzazione.
- per l'applicazione di tecniche che hanno risolto il problema dell'invecchiamento e della stabilizzazione, che hanno ridotto fortemente la non stabilità iniziale della curva caratteristica, garantendo la produzione di unità riproducibili e stabili.

Per sinterizzazione si intende un trattamento termico, ad elevata temperatura, che trasforma un materiale polverulento in un materiale indivisibile. Questo processo può avvenire a pressione atmosferica o a pressione elevata, nel primo caso è preceduta da un'operazione di

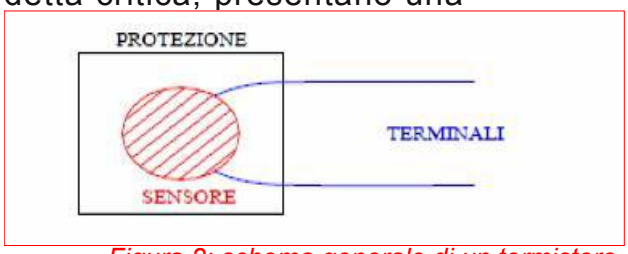



*Figura 2: schema generale di un termistore*

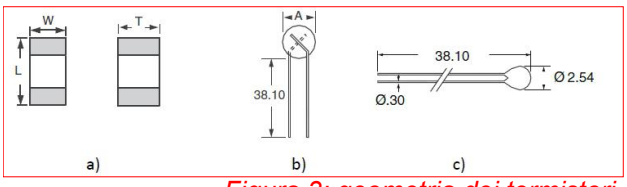
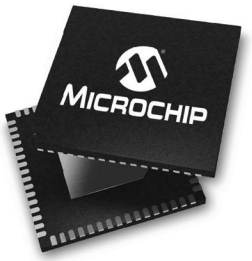



*Figura 3: geometria dei termistori*

# Ti occorre Potenza Digitale con funzionalità di prossima generazione?

## I nuovi DSC dsPIC® fissano nuovi benchmark per dimensioni, latenza e consumo di potenza

Grazie a sofisticati algoritmi di controllo funzionanti a frequenze switching superiori e a Live Update Flash, i Digital Signal Controller 16-bit dsPIC33EP "GS" di Microchip offrono prestazioni di digital-power di prossima generazione.




Questi DSC consumano fino all'80% di potenza in meno in qualsiasi applicazione e offrono una latenza pari a meno della metà di quella delle precedente generazione nell'utilizzo in un compensatore *three-pole three-zero*.

Oltre alle eccezionali performance grazie ad algoritmi di controllo predittivi ed adattivi non-lineari la famiglia DSPIC33EP "GS" offre maggiore integrazione e più funzionalità in package che includono il più piccolo *digital-power-optimised* DSC sul mercato, 4 x 4 mm UQFN.

microchip DIRECT
www.microchipdirect.com

MICROCHIP

**www.microchip.com/get/eudspic33ep**

Il nome e logo Microchip è un marcho industriale registrato di Microchip Technology Incorporated negli U.S.A. e altri Stati. Tutti gli altri marchi industriai menzionati nel presente documento appartengono ai rispettivi titolari.
© 2015 Microchip Technology Inc. Tutti i diritti riservati. DS70005225A. MEC2015Ita08/15

## Principali impieghi dei termistori

| Termistore | Funzione | Impiego |
|---|---|---|
| NTC | Misura della temperatura | •Sistemi di riscaldamento<br>•Elettrodomestici<br>•Controlli industriali |
| | Compensazione termica | •Elettronica industriale<br>•Elettronica di consumo<br>•Trattamento dati |
| PTC | Protezione termica | •Circuiti di alimentazione<br>•Elettronica industriale<br>•Elettronica di consumo<br>•Trattamento dati |
| | Protezione dai sovraccarichi | •Circuiti di alimentazione<br>•Telecomunicazioni<br>•Automotive<br>•Elettronica industriale<br>•Elettronica di consumo<br>•Trattamento dati |

*Figura 4: principali impieghi dei termistori in elettronica*

compattazione delle polveri. Questo metodo è impiegato quando si devono produrre materiali con precise caratteristiche, che non potrebbero essere prodotte con altre tecniche. I vantaggi della sinterizzazione consistono nella possibilità di utilizzare sensori di qualunque forma e dimensioni aventi costanti di tempo bassissime (legate alle piccole dimensioni); lo schema generale di un termistore è mostrato in figura 2.
La geometria dei termistori può variare da produttore a produttore ma le forme più comuni ed utilizzate sono mostrate in figura 3:

a) termistore con chip ceramico con le seguenti dimensioni: lunghezza 1<L<2 mm, larghezza 0,5<W<1,25 mm e spessore 0,6<T<1,3 mm.
b) termistore a disco rivestito di materiale epossidico con diametro A che varia da 2,79 a 12,19 mm.
c) termistore a sfera incapsulato in materiale epossidico.

La tabella di figura 4 riporta i principali impieghi dei termistori in elettronica così come nei sistemi di automazione e sono veramente molti, dalla misura della temperatura alla protezione dei sovraccarichi. Per lo studio dei termistori, ed in modo particolare per lo studio degli NTC, possono essere usati due modelli matematici ed esattamente:

- l'equazione di Steinhart-Hart che permette di determinare la temperatura funzione della resistenza con una approssimazione del terzo ordine:
- L'equazione B che deriva dall'equazione di Steinhart-Hart trascurando il termine di terzo grado.

L'equazione di Steinhart-Hart può essere scritta nel seguente modo:

$$1/T=A+B\ln(R)+C(\ln(R))^3$$

Tale relazione consente un'accurata misura della temperatura in funzione della resistenza offerta dal termistore. La temperatura è misurata in gradi kelvin mentre la resistenza in

ohm. I parametri A, B, C devono essere specificati per ciascun dispositivo. Come ad esempio, nel caso di un termistore con una resistenza di 3KΩ alla temperatura ambiente (25 °C =298.15K) valgono:

A=1,40x10$^{-3}$, B=2,37x10$^{-4}$, C=9,90x10$^{-5}$

L'errore commesso con l'uso dell'equazione di Steinhart-Hart è generalmente inferiore a 0,002 ° C. In un campo ristretto di temperatura si può usare un'equazione semplificata detta "equazione B" o "beta value", praticamente è l'equazione di Steinhart-Hart trascurando il termine di 3° grado e può essere posta nella forma:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} ln\left(\frac{R}{R_0}\right)$$

che risolta rispetto ad R fornisce:

$$R = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

dove:

- T è la temperatura in Kelvin;
- T0 è la temperatura di riferimento (di solito 25°C=298,15°K);
- R è la resistenza alla temperatura T;
- R0 è la resistenza di riferimento (resistenza alla temperatura di riferimento);
- il parametro B è costante in prima approssimazione e di solito ne viene indicato l'intervallo di temperatura in cui è valido e la sua tolleranza in %,ad esempio B25/85 ± 2% indica che B è valido tra 25 °C e 85 °C ed ha un errore massimo del ± 2%.Il coefficiente di temperatura α risulta pari a –B/T2.

**Un brevissimo cenno ai PTC**

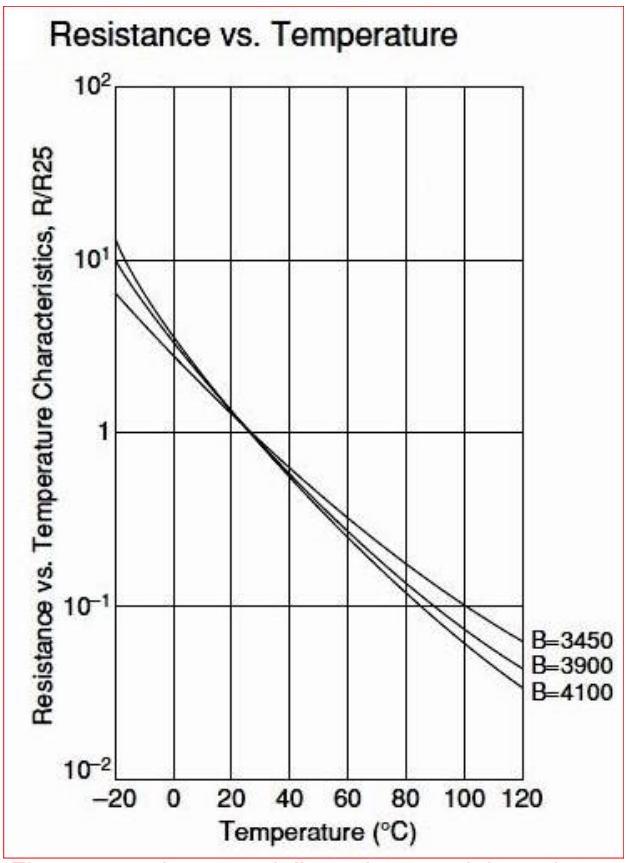



*Figura 5: andamento della resistenza del termistore*

Nei componenti PTC la resistenza aumenta esponenzialmente con la temperatura non appena superato il valore TRef del materiale, che corrisponde in prima approssimazione alla "Temperatura di Curie TC", mentre prima di tale temperatura il valore resistivo mostra un andamento leggermente decrescente con la temperatura (figura 1).
Il valore resistivo nel campo di ripida

```
Elenco componenti

R1-R2    10k
C1-C3,
C5,C7    100nF
C4       10u
C6       22u
R3       18R
U1       LMC6484A
U2       PIC18F45K22
J1       SIL-100-04
LCD1     LM044L-R
P1       Pulsante
RT1,RV1  10k
```

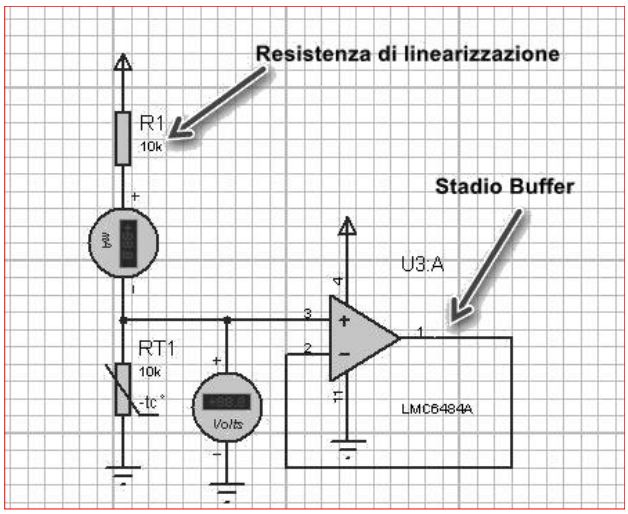



*Figura 6: circuito di condizionamento*

variazione della resistenza è definito da:

$$R = R_{Re}{}^{f} e^{\alpha(T-T_{Ref})}$$

dove α è il coefficiente di temperatura che,per valori di R>RRef può essere approssimativamente considerato costante. Fatte queste premesse, vediamo ora come interfacciare un termistore di tipo NTC avente sigla NCP15XV103 (R0=10KΩ,T0=25 °C) e prodotto dalla Murata, con il microcontrollore PIC18F45K22 della Microchip per visualizzare su un display LCD la temperatura di esercizio, la corrispondente resistenza del termistore e la differenza di potenziale ai suoi capi. Utilizzeremo l'equazione B per raggiungere tale scopo, dal momento che l'intervallo di temperatura che vogliamo misurare risulta compresa tra 0°C e 100°C.Per raggiungere tale obiettivo è necessario realizzare un semplice circuito di condizionamento, che sarà costituito da un partitore di tensione a cui partecipa ovviamente il termistore, ed uno stadio buffer, interposto tra termistore e ingresso del convertitore analogico digitale, al fine di disaccoppiare il primo dal convertitore.

Ma prima di vedere lo schema di tale circuito, dal momento che usiamo l'equazione beta, dovremo conoscere mediante il datasheet del costruttore il valore che aspetta al parametro B nell'intervallo di misura da noi scelto. La condizione per determinare il valore della resistenza da mettere in

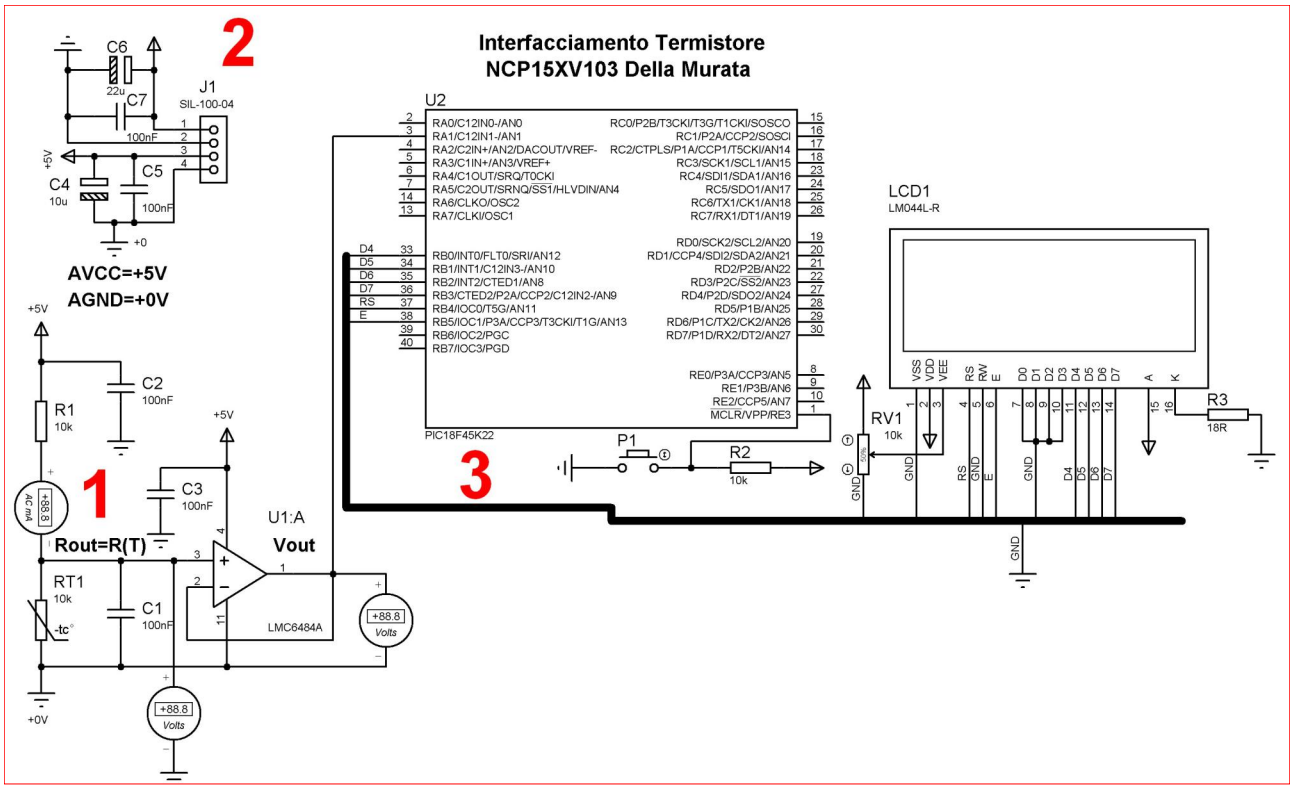



*Figura 7: schema di principio del progetto*

# Rimini Beach Mini Maker Faire®

## 14 e 15 NOVEMBRE
## RIMINI FIERA

**LA FIERA DEL FARE:** un evento aperto a tutti, dedicato all'innovazione e alla creatività, analogica e digitale.
**Trasforma le tue visioni in realtà, il futuro è adesso!**

- MAK-ER FABLAB
- UAV WORLD
- VIDEOGAME
- CRAFT
- COS-MAKERS & STEAMPUNK
- FOTOMERCATO
- 3D PRINTER
- MAKING MUSIC
- EXPO ELETTRONICA
- MINECRAFT CHALLENGE

## THE CALL IS OPEN!

Hai tempo fino al **30 settembre 2015** per **iscriverti alla CALL4Makers** e diventare protagonista con il tuo progetto!

**makerfairerimini.it**

ORGANIZZATO DA

BLU Nautilus · MAKERNO · FabLab Romagna

PROMOTORI

MAK-ER · ASTER

PATROCINI

Regione Emilia-Romagna · Provincia di Rimini · Comune di Rimini · Camera di Commercio Rimini

IN COLLABORAZIONE CON

nuove idee imprese 2015 · CESCOT · Piacere Spaggiarimini · spaggiarimini · RIMINI STARTUP

MEDIA PARTNER

libri SANDIT · FOTO-NOTIZIARIO · IE cloud

TECHNICAL PARTNER

Open Electronics · Elettronica In · Futura Elettronica

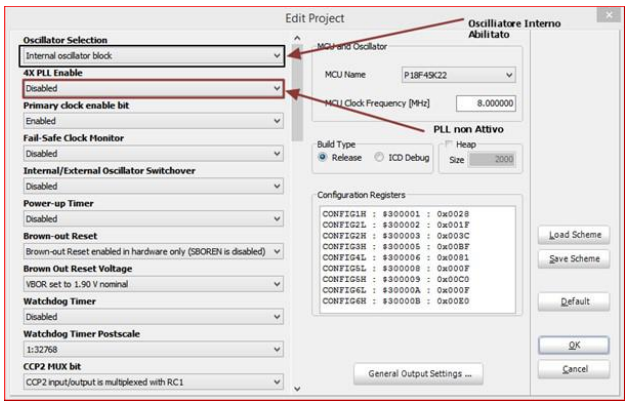


*Figura 8: Impostazione dei fuses*

serie al termistore è che, alla temperatura di 25 °C, la differenza di potenziale tra massa e termistore sia esattamente la metà della tensione di alimentazione del partitore. Questa resistenza, chiamata anche resistenza di linearizzazione, (nel nostro caso il termistore da noi scelto presenta, a 25°C, una resistenza di 10KΩ), dovrà essere uguale a quella del termistore. È buona norma scegliere questa resistenza con una tolleranza dell'1%. La figura 5, estratta dal datasheet, mostra l'andamento della resistenza del termistore in funzione della temperatura e del parametro B. Assumeremo per il parametro B il valore di 3900 come proposto dal datasheet del termistore. L'equazione B può essere ulteriormente semplificata facendo la seguente posizione:

$$R_{inf}=R(T0)\ e^{-B/T0}$$

che rappresenta il valore della resistenza del termistore alla temperatura di riferimento corretta mediante il fattore B. Utilizzando questa posizione l'equazione B può essere riscritta nel seguente modo:

$$R(T)=R_{inf}\ e^{B/T}$$

da cui, mediante semplici passaggi è possibile ricavare l'espressione della temperatura che sarà data da:

$$T=\frac{B}{\ln\left(\frac{R(T)}{Rinf}\right)}$$

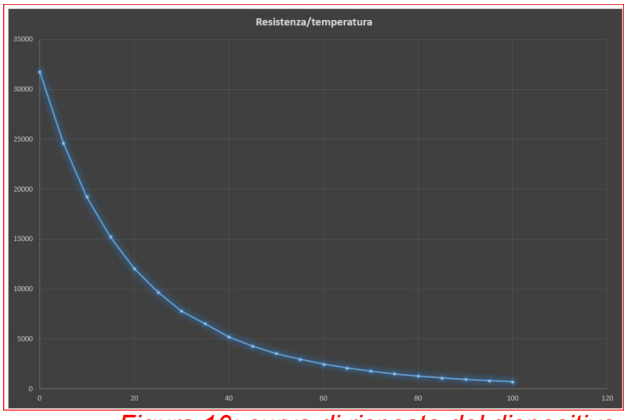


*Figura 10: curva di risposta del dispositivo*

ed è la relazione di utilizzeremo nel programma scritto in MikroC per determinare, mediante il microcontrollore, la temperatura misurata dal termistore. In figura 6 riporto il semplice circuito di condizionamento che utilizzerò nello schema di principio del progetto.
Dall'analisi del partitore presente nel circuito di condizionamento e fatte le seguenti posizioni $R_{out}$=R(T),$V_{in}$=Vcc è possibile scrivere per il valore della

```
void main()
{
// Settaggio oscillatore interno a 8mhz
 OSCCON = 0b01100000;  // bit7: device enters SLEEP on sleep instruction[0]
                       // bit6-4: HFINTOSC 16MHz [111]  8MHz[110]
                       // bit3: status bit [0]
                       // bit2: status bit [0]
                       // bit1-0: clock defined by CONFIG bits [00]
// Abilitazione del PLL x4 Fosc vale a dire 64Mhz  Fosc
 OSCTUNE = 0b10000000; // bit7:  device clock derived from the MFINTOSC or HFINTOSC
source
                       // bit6: PLL enabled [1]
```

**LISTATO 1**

```
  ANSELA.B1=1;         // ingresso analogico per NCP15XV103
  TRISA.B1 =1;         //----------------------------------

//------- configurazione del convertitore ADC------------
  ADCON0.GO=0;      // no start conversion
  ADCON0.ADON=1;    // attivo convertitore ADC

  ADCON1.B3=0;      // Vref-=VDD
  ADCON1.B2=0;      //
  ADCON1.B1=0;      // Vref-=VSS
  ADCON1.B0=0;      //

  ADCON2.ADFM =1;   // allineamento a destra

  ADCON2.ACQT2=1;   // tempo di acquisizione Sample/Hold
  ADCON2.ACQT1=0;   // 8 TAD
  ADCON2.ACQT0=0;

  ADCON2.ADCS2=0;   // fattore di divisione clock
  ADCON2.ADCS1=1;   // Fosc/32
  ADCON2.ADCS0=0;
```

**LISTATO 2**

```
  //------------Calcolo resistenza dell'NTC ---------------//
     Vout=(float)(Vin*temp/1024.0);    // ddp ai capi del termistore
     Rout=(Raux*Vout/(Vin-Vout));      // valore della resistenza
     Rint=(int)(Raux*Vout/(Vin-Vout)); // valore intero resistenza
     IntToStr(Rint,Lcd_Txt);
     Lcd_Out(3,1,"Rterm(ohm)=");
     Lcd_Out(3,12,Lcd_Txt);
```

**LISTATO 3**

```
  //------------ Calcolo la temperatura -------------------//
     TempK=(beta/log(Rout/Rinf));     // calcolo temperatura in Kelvin
     TempC=TempK-273.15;              // calcolo temperatura in Celsius
     temp_int=TempC;                  // valore intero della temperatura
     ByteToStr(temp_int,Lcd_Txt);
     Lcd_Out(2,1,"Temperatura=");
     Lcd_Out(2,13,Lcd_Txt);
     Lcd_Chr(2,17,223);
     Lcd_Chr(2,18,'C');
```

**LISTATO 4**

```
  //----------- Visualizzazione D.D.P termistore ----------//
     floatToStr(Vout,Lcd_Txt);
     Lcd_Out(4,1,"Vout(V)=");
     Lcd_Out(4,9,Lcd_Txt);
     delay_ms(1000);
```

resistenza alla generica temperatura T, la seguente relazione:

$$R_{out} = \frac{R1Vout}{Vin - Vout}$$

con Vout che rappresenta la d.d.p ai capi del termistore.Utilizzando tale espressione è possibile riscrivere la relazione della temperatura nel seguente modo:

$$T = \frac{B}{\ln\left(\frac{Rout}{Rinf}\right)}$$

La resistenza Rout può essere determinata facilmente in quanto la tensione Vout è misurabile utilizzando il convertitore analogico digitale del microcontrollore, quindi a sua volta anche la temperatura T misurata da termistore. Prima di discutere il firmware del sistema riporto in figura 7 lo schema di principio completo del progetto.

## Il Firmware di interfacciamento

Dal momento che userò l'oscillatore interno del PIC18F45K22 è necessario impostare in modo corretto i fuses del microcontrollore

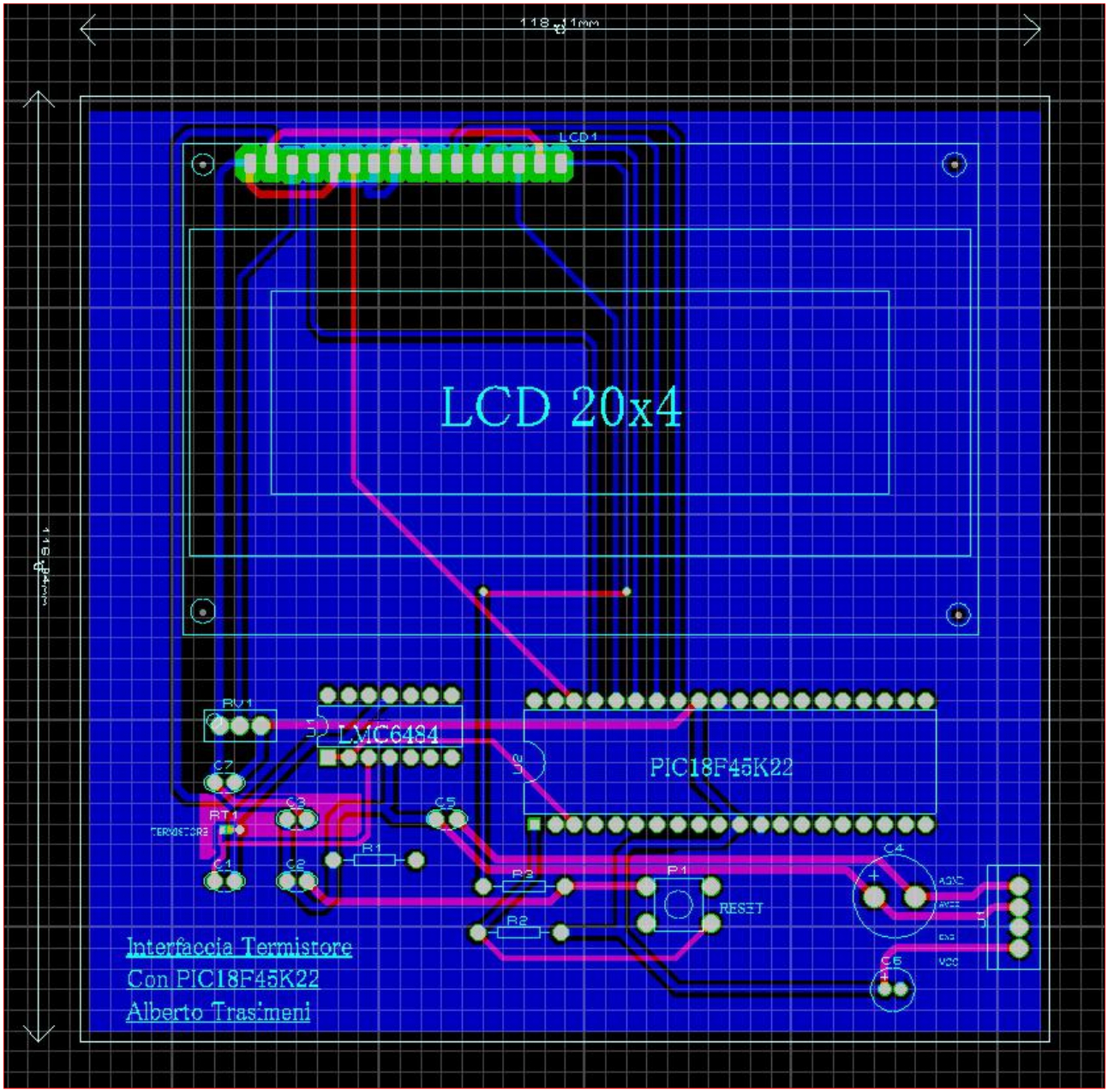



*Figura 11: visualizzazione gerber per la board di test*

nel pannello Edit Project. La corretta impostazione è riportata nella figura 8.

### Impostazione fuses

Le impostazioni per utilizzare l'oscillatore interno devono essere inserite anche nel programma principale, ed in modo particolare subito dopo la dichiarazione della funzione main come riporta la figura 9.

### Impostazione oscillatore interno

Come ingresso analogico userò il pin1 della Porta A, configurando il convertitore ADC in modo che le sue tensioni di riferimento siano coincidenti con quelle di alimentazione del sistema. L'allineamento dei dati di conversione avverrà partendo da destra e con un tempo di acquisizione di 8 Tad(periodo del clock del convertitore), tale tempo è riferito al Tracking and Hold interno del PIC. Per quanto riguarda la frequenza di lavoro dell' ADC questa dovrà risultare essere la frequenza dell'oscillatore interno divisa per 32, come mostra il listato 1.
Nei listati 2, 3 e 4 mostrerò come calcolare la resistenza del termistore NTC alla generica temperatura T, la temperatura stessa e la d.d.p. ai capi del dispositivo.
Per simulare con Proteus il progetto è necessario inserire prima della simulazione il valore della temperatura nelle proprietà del termistore, ottenendo così il valore della sua resistenza visualizzato sul display Lcd.
Ripetendo questa operazione nell'intervallo di temperatura da 0°C a 100°C ho potuto, mediante il foglio elettronico Excel, costruire la curva di risposta del dispositivo come mostra la figura 10. Come si può facilmente notare, il grafico è in perfetto accordo con quello di figura 5 estratto dal datasheet del costruttore.

La figura 11 mostra la visualizzazione dei file gerber per la board di test del sistema, è chiaro che la sua realizzazione pratica non può essere effettuata mediante il metodo casalingo della fotoincisione. In ogni caso, se qualche abile lettore vorrà cimentarsi con il problema tutti file del progetto sono messi a sua disposizione.

### Osservazioni finali.

L'interfacciamento del termistore di tipo NTC da un punto di vista industriale è una realtà molto utilizzata. Faccio un semplice esempio, nelle caldaie termiche dotate di bollitore, sistema per avere acqua calda senza dover aspettare molto tempo,viene utilizzato per regolare il valore della temperatura dell'acqua (NTC da 10K).
Come il lettore potrà ben capire la cosa non è poi così scontata, dal momento che la famiglia dei termistori rappresenta sensori termici di tipo fortemente non lineare.

### Riferimenti Web relativi al progetto

http://www.labcenter.com/index.cfm

http://www.mikroe.com/mikroc/pic/

http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmc6484.pdf

http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1259/0900766b81259d06.pdf

http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC18F45K22

http://www.adafruit.com/products/198

# ILLUMINOTRONICA

HUMAN CENTRIC LIGHTING TECHNOLOGIES

## PADOVA 8/10 OTTOBRE 2015

www.illuminotronica.it

**LED LIGHTING**

***soluzioni & design***

per chi progetta, produce
installa corpi e strutture illuminanti
**outdoor** e **indoor**

**SMART HUT**

***domotica***
*della*
***visione & percezione***

prodotti e tecnologie hw / sw
per generare e controllare
**illuminazione** e **sicurezza**

**elettro & micro**

***up to date***
***elettronica industriale***

il riferimento di Assodel
per tecnici e imprese
***unico ora in Italia**

assodel

TECNO IMPRESE

# AMPLIFICATORI PER AUDIO DI QUALITA' (seconda parte)

di Massimo Di Marco

*Nella puntata precedente abbiamo visto, partendo dalla configurazione a collettore comune, come realizzare stadi d'uscita a bassa resistenza a collettore comune semplice (Single Ended) o a simmetria complementare. Abbiamo inoltre affrontato il problema della distorsione d'incrocio e delle possibili soluzioni di questo annoso problema, come il funzionamento in classe A/B.*

## Gli stadi di amplificazione a BJT

La soluzione di polarizzazione parziale (o minima, per non oltrepassare una certa distorsione) è universalmente adottata in tutto il mondo conosciuto. In pochi casi, quando si vuol essere sicuri della totale eliminazione di questo tipo di distorsione e dove la potenza in gioco è relativamente bassa -come negli esempi precedenti- si può tranquillamente optare per lo stadio d'uscita in classe A; vale a dire che i dispositivi sono sempre polarizzati e in conduzione. Semplicemente, la potenza erogata va in parte nel carico e in parte viene dissipata dai dispositivi stessi, poiché la corrente assorbita dall'alimentazione risulta costante; va da se che questi scaldano parecchio! Vediamo allora di polarizzare correttamente lo stadio finale; la soluzione mediante dei resistori è la più semplice in assoluto, ma non garantisce la corretta differenza di potenziale tra le basi dei dispositivi complementari ne la necessaria stabilizzazione del punto di lavoro in funzione della temperatura; qui la temperatura è un parametro da non sottovalutare, per cui si rende necessaria una compensazione del punto di lavoro, cioè delle tensioni e delle correnti interessate alla polarizzazione. La figura 12 mostra la soluzione circuitale più semplice ed utilizzata per una ottimale polarizzazione dei BJT. Il segnale viene applicato alle basi dei BJT ma dato che nei diodi (ricordo che dinamicamente essi sono un corto circuito) scorre la corrente di polarizzazione determinata da R2, R3 e da quella in minima parte dovuta alle basi che, ricordo, vale:

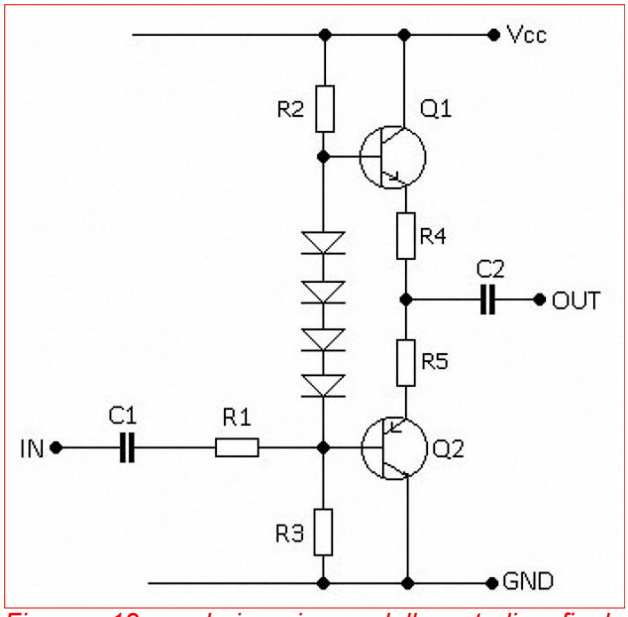



*Figura 12: polarizzazione dello stadio finale mediante quattro diodi; essi determinano una d.d.p. sufficiente a portare in conduzione i BJT, per un funzionamento in classe A.*

$$R_i = h_{ie} + (h_{fe} + 1)\, R_E$$

essi mantengono ai loro capi una differenza di potenziale costante di circa 2,4 volt indipendentemente dall'ampiezza del segnale in ingresso. In tal modo non solo i BJT lavorano in maniera ottimale, ma i diodi, data la loro natura, svolgono una funzione di compensazione termica; infatti al crescere della temperatura questi, a causa della proprietà della giunzione P-N, tendono a diminuire la tensione ai loro capi diminuendo altresì la tensione sulle basi dei BJT e, quindi, la corrente che scorre nei dispositivi. La condizione raccomandata per un'ottimale compensazione, è quella di montarli a contatto dei dissipatori dei dispositivi di

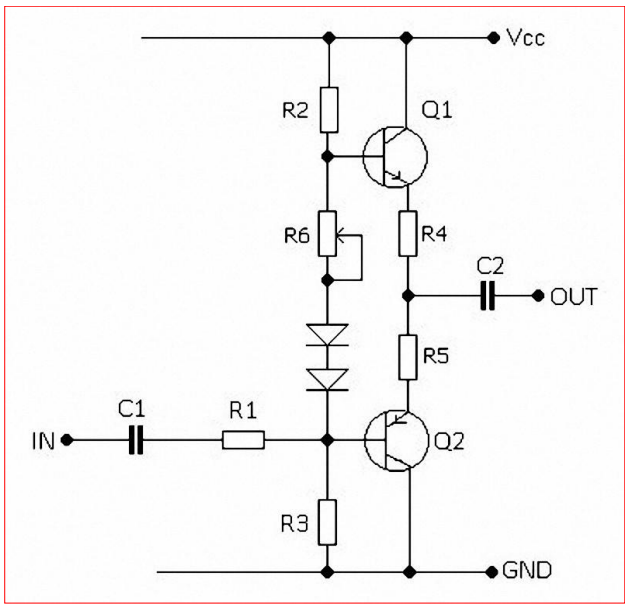



*Figura 13: tramite il trimmer R6 è possibile regolare la corrente di polarizzazione mantenendo la compensazione in temperatura mediante i due diodi.*

potenza. In tal modo si limita il pericolo (ma non è del tutto scongiurato) dell'instaurarsi dell'effetto valanga, effetto ben noto a tecnici e progettisti, che può portare alla distruzione dei BJT. Nel caso in cui si vuole gradualmente dosare la corrente di polarizzazione in modo tale da passare dalla classe A/B alla classe A, ci si può avvalere del circuito visibile in figura 13, dove due diodi sono rimpiazzati da un trimmer il quale determina una tensione variabile ai capi delle basi dei BJT; anche questa configurazione è ampiamente adottata negli stadi di potenza, ma lo vedremo in seguito. Vediamo ora come aumentare la corrente, e quindi, la potenza erogabile da uno stadio finale.

## Aumentiamo la potenza…

Quello che ci apprestiamo ad affrontare è forse uno degli aspetti più importanti della tecnologia a semiconduttore, la quale ha dato vita ad uno straordinario fenomeno di ricerca e sviluppo in tutto il mondo. Questo incessante processo ha determinato una delle pagine della storia della tecnologia più interessanti, ricca di successi e traguardi impensabili agli albori dei semiconduttori, per il miglioramento dei dispositivi di potenza. Cerchiamo di capire quali sono i punti essenziali della questione legata al funzionamento dei BJT: la capacità di gestire correnti elevate da parte di un dispositivo dipende da svariati fattori i quali interagiscono fra di loro talvolta, anzi quasi sempre, in maniera inversa rispetto agli altri parametri. Se vogliamo ottenere, ad esempio, da un dispositivo la capacità di trattare correnti molto elevate, si devono dimensionare le giunzioni PNP o NPN in una certa misura e possibilmente senza degradare altri fattori; ma non sempre ciò è facilmente perseguibile. Consultiamo per esempio il data sheet di alcuni dispositivi di potenza utilizzati in questo articolo; i dispositivi sono la coppia complementare TIP 35 e TIP 36. Esaminando i vari parametri vediamo

| **Principali caratteristiche transistor NPN TIP35C e PNP TIP36C** | |
|---|---|
| VCBO Collector-Base Voltage (IE = 0) | 100 V |
| VCEO Collector-Emitter Voltage (IB = 0) | 100 V |
| VEBO Emitter-Base Voltage (IC = 0) | 5 V |
| IC Collector Current | 25 A |
| ICM Collector Peak Current | 50 A |
| IB Base Current | 5 A |
| Ptot Total Dissipation at Tcase <=25°C | 125 W |
| Tj Max. Operating Junction Temperature | 150 °C |
| hFE DC Current Gain (IC = 1.5 A VCE = 4 V) | min 25 - max 50 |
| hFE (IC = 15 A VCE = 4 V) | min 10 |
| VCE(sat) Collector-Emitter Saturation Voltage (IC = 15 A IB = 1.5 A) | 1.8V |
| fT Transition Frequency (IC = 1 A VCE = 10 V f = 1 MHz) | 3 MHz |

che la massima tensione ammissibile tra collettore ed emettitore è di 100 V, che la corrente richiesta dalla base può raggiungere i 5 A, la tensione di saturazione C-E è di 1,8 V a 15 A di corrente di collettore (Ic) e di 4V se la corrente di collettore è di 25 A. Risulta evidente che quest'ultimo parametro ci indica il grado di chiusura che il dispositivo è capace di raggiungere (teoricamente dovrebbe essere 0V); non e un dato eccellente, ma visto che il dispositivo in esame è destinato ad applicazioni lineari, il risultato è accettabile. Diverso è il discorso riguardante i BJT rivolti ad applicazioni di commutazione; questi infatti devono possedere una VCE(sat) più bassa possibile, anche a scapito di altri parametri, poiché l'efficienza del dispositivo e quindi la dissipazione di calore è data proprio dal prodotto:

$$P_D = VCE(sat) \times I_C$$

espressa in WATT - questa è la parte più consistente della potenza persa a causa di una imperfetta conduzione del dispositivo, che porta ad un riscaldamento del dispositivo stesso. La parte meno significativa, ma non trascurabile, è la dissipazione che si produce durante il tempo di commutazione, che deve essere quindi il più rapido possibile; per questo motivo nei data sheet dei dispositivi di commutazione (switching) a volte vengono direttamente indicati i tempi di salita e discesa (cioè i tempi di turn on e di turn off) piuttosto che il prodotto di banda o la frequenza di taglio $f_T$. Veniamo ora al beta ($h_{FE}$) o Guadagno in corrente: nel dichiarare questo parametro il costruttore specifica le condizioni alle quali è stato rilevato. A una corrente di 1,5 A, questo risulta essere compreso tra 25 e 50, a secondo del dispositivo fisico sotto test; cioè, è possibile che, acquistando una partita di TIP 35 ve ne sia qualcuno che presenti un $h_{FE}$ pari a 25 e qualcun'altro che raggiunga il valore di 50. Questo e da ritenere del tutto normale, dato che il beta risulta essere quel parametro maggiormente variabile da dispositivo a dispositivo (risulta necessario, laddove si lavori con stadi simmetrici, un'adeguata selezione dei dispositivi onde utilizzare componenti il più possibile simili). Tende ad

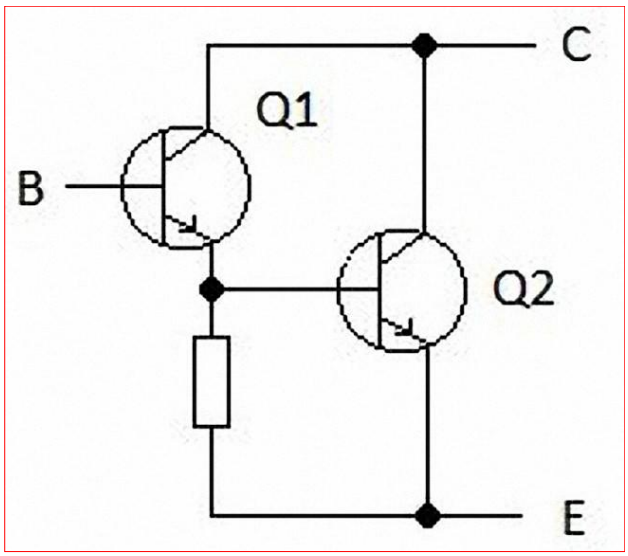



*Figura 14: collegamento di due BJT tipo NPN in configurazione Darlington*

abbassarsi man mano che la corrente di collettore aumenta; infatti a 15 A la VCE(sat) è pari a 4 V e il beta minimo dichiarato ammonta a 10. In queste condizioni il dispositivo deve dissipare 60 W e la corrente di base richiesta può nella peggiore delle ipotesi ammontare a 1,5 A! Insomma, corrente di collettore e $h_{FE}$ sono inversamente proporzionali. Dato quindi che il beta non può essere superiore a un valore

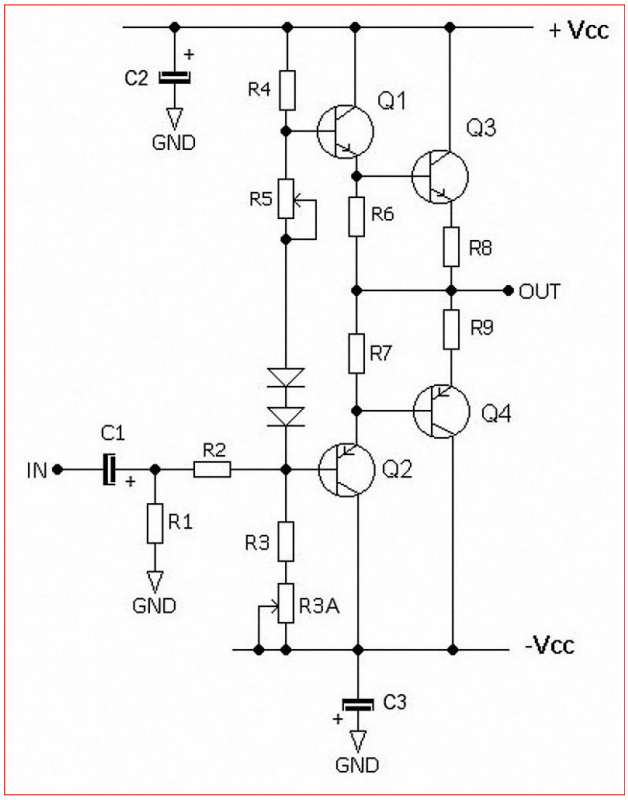



*Figura 15: Stadio finale semplificato a simmetria complementare in configurazione Darlington*

```
Elenco componenti

R1      47 KΩ 1/4 W
R2      470 Ω 1/4 W
R3      2,2 KΩ 1/4 W
R3A     TRIMMER 1KΩ
R4      2,2 KΩ 1/4 W
R5      TRIMMER 220 Ω
R6      100 Ω 1/4 W
R7      100 Ω 1/4 W
R8      1 Ω 1/4 W
R9      1 Ω 1/4 W
C1      220µF 50V elettrolit.
C2      220µF 50V elettrolit.
C3      220µF 50V elettrolit.
Q1      BD 139
Q2      BD 140
Q3      TIP 35C
Q4      TIP 36C
Rc      R LOAD: 8 Ω 15 W
Vcc     ± 24 V
```

compreso tra 20 e 50, si rende necessario il ricorso ad un altro BJT da utilizzare come pilotaggio del dispositivo di potenza vero e proprio, onde non sovraccaricare gli stadi di segnale anteposti. La configurazione che si viene così a creare (fig. 14), e che rappresenta quella più comunemente utilizzata, è denominata Darlington, ideata da Sidney Darlington dei Bell Laboratories, nel lontano 1953. La coppia di BJT (Darlington Pair) è costituita da un dispositivo (Q1) di piccola potenza ma elevato $h_{FE}$, in grado comunque di pilotare il dispositivo di potenza vero e proprio (Q2). I due dispositivi sono chiaramente entrambi in configurazione a collettore comune, per cui valgono le seguenti relazioni:

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} \text{ quindi } I_C = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

per quanto riguarda il guadagno, l'$h_{FE}$ vale:

$$h_{FE} = (h_{FE1})\,(h_{FE2}) + (h_{FE1}) + (h_{FE2})$$

Dato che la somma dei due parametri

$(h_{FE1}) + (h_{FE2})$ è trascurabile rispetto al prodotto dei due, si può approssimare la relazione, mantenendo una buona precisione, per cui:

$$h_{FE} = (h_{FE1})\,(h_{FE2})$$

in conclusione, possiamo affermare che, con buona approssimazione, il guadagno totale è uguale al prodotto del guadagno dei singoli BJT. Si raggiunge quindi facilmente un guadagno in corrente dell'ordine delle migliaia, e, tenuto conto che in commercio sono disponibili numerosissimi dispositivi già accoppiati secondo tale configurazione, è facile comprendere come l'utilizzo di questi semiconduttori risulti molto vantaggioso in moltissime circostanze ed applicazioni. In fig. 15 è mostrato lo stesso circuito di principi di fig. 13 ma con alcune importanti differenze: intanto lo stadio d'uscita è ora costituito da coppie Darlington complementari PNP e NPN collegate a collettore comune o inseguitore d'emettitore; questo ovviamente non comporta alcun guadagno in tensione (anzi, una perdita in ampiezza rispetto al segnale d'ingresso) ma, come si è visto, un cospicuo guadagno in corrente. Il segnale viene applicato alla base di Q2 e, dato che il circuito destinato allo studio dello stadio di potenza, è

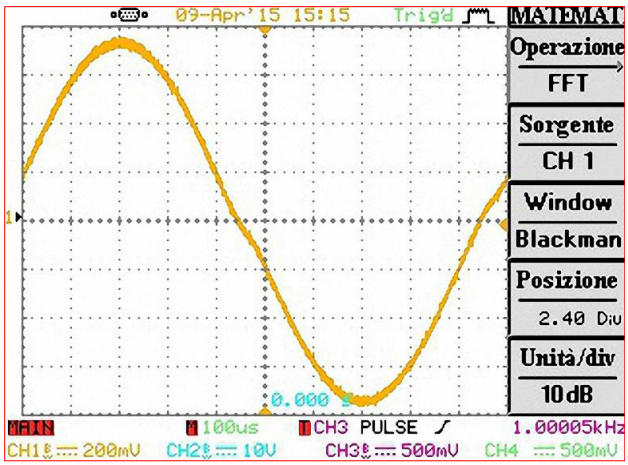



*Figura 16: orma d'onda in uscita con una corrente di BIAS di 35mA. Lo scalino dovuto all'incrocio è chiaramente visibile, segno che la corrente di BIAS non è sufficiente.*

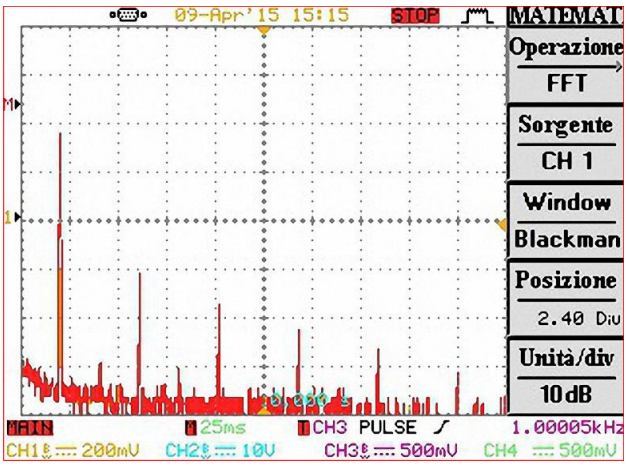



*Figura 17: FFT della forma d'onda in uscita con una corrente di BIAS di 35mA. Come si vede sono presenti tutte le armoniche dispari, mentre la 2a e 4a sono molto più attenuate. Naturalmente con questa situazione l'amplificatore non è assolutamente adatto alla riproduzione musicale.*

presente il trimmer R3A che assolve alla funzione di annullare un'eventuale presenza di tensione continua residua sul carico (offset). Inoltre la tensione d'alimentazione è adesso simmetrica rispetto GND, cosa che ci permette di eliminare il condensatore di disaccoppiamento posto in serie all'uscita (se collegate all'uscita un altoparlante e volete essere sicuri di non danneggiarlo durante la messa a punto o le misure, lasciate pure inserito il condensatore di disaccoppiamento). Per la sperimentazione di questo circuito si deve disporre di un

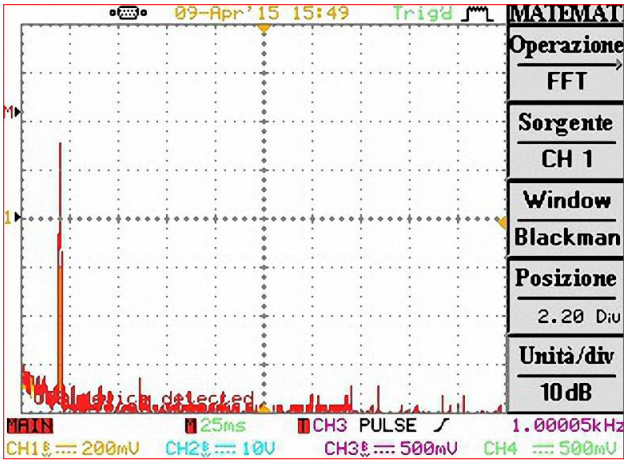



*Figura 18: FFT ottenuta con un BIAS di circa 100mA; le armoniche sono molto attenuate, praticamente invisibili; queste, tenuto conto delle capacità dello strumento, sono ad disotto dei 55dB (che è la soglia di rumore), che corrispondono a circa lo 0,2 % di distorsione armonica.*

alimentatore duale dotato di tracking, in modo tale che la tensione positiva e negativa rispetto massa siano perfettamente simmetriche. Il condensatore di disaccoppiamento in ingresso permane poiché non vi è ancora simmetria rispetto alle basi dei Darlington, per cui vi è una certa componente continua; lasciamolo inserito. Poniamo il trimmer R5 in corto circuito e dopo aver collegato un resistore di carico di 8,2 Ω, diamo tensione; l'assorbimento, con i valori dei componenti specificati deve essere di circa 30mA: applichiamo ora un segnale sinusoidale con un'ampiezza di un paio di volt picco-picco e vediamo cosa succede all'uscita. Regoliamo subito R3A in modo da togliere la componente continua sul carico; osservando con l'oscilloscopio la forma d'onda vedremo che al passaggio per lo zero è presente il classico scalino dovuto alla polarizzazione insufficiente dei dispositivi e che li fa lavorare in classe B. Agendo ora su R5 si osserva che la corrente di polarizzazione (bias) tende ad aumentare e al contempo lo scalino di cross-over tende a scomparire. Sono sufficienti 50-60mA per polarizzare correttamente lo stadio di potenza. Questa è, per cosi dire, una regolazione empirica che tuttavia non ci garantisce la scomparsa totale della distorsione d'incrocio; nella figura 16 viene mostrata la sinusoide leggermente distorta ottenuta con un bias di 35mA; la relativa FFT è mostrata in fig. 17. Aumentando invece il bias a circa 100 mA la FFT ci da un risultato molto pulito, segno che la polarizzazione è ora molto più efficace (Fig. 18).

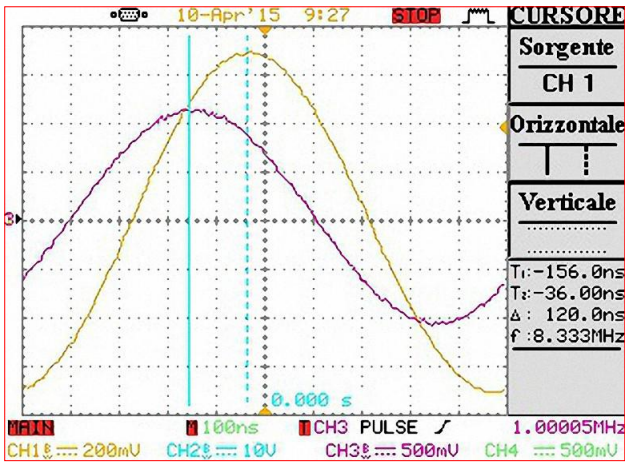



*Figura 19: Sfasamento tra la sinusoide d'ingresso (traccia viola) e quella d'uscita (traccia gialla); i cursori indicano un ritardo di 120 ns, introdotto dai Darlington. Notare la frequenza alla quale è stata effettuata la misura: 1MHz!*

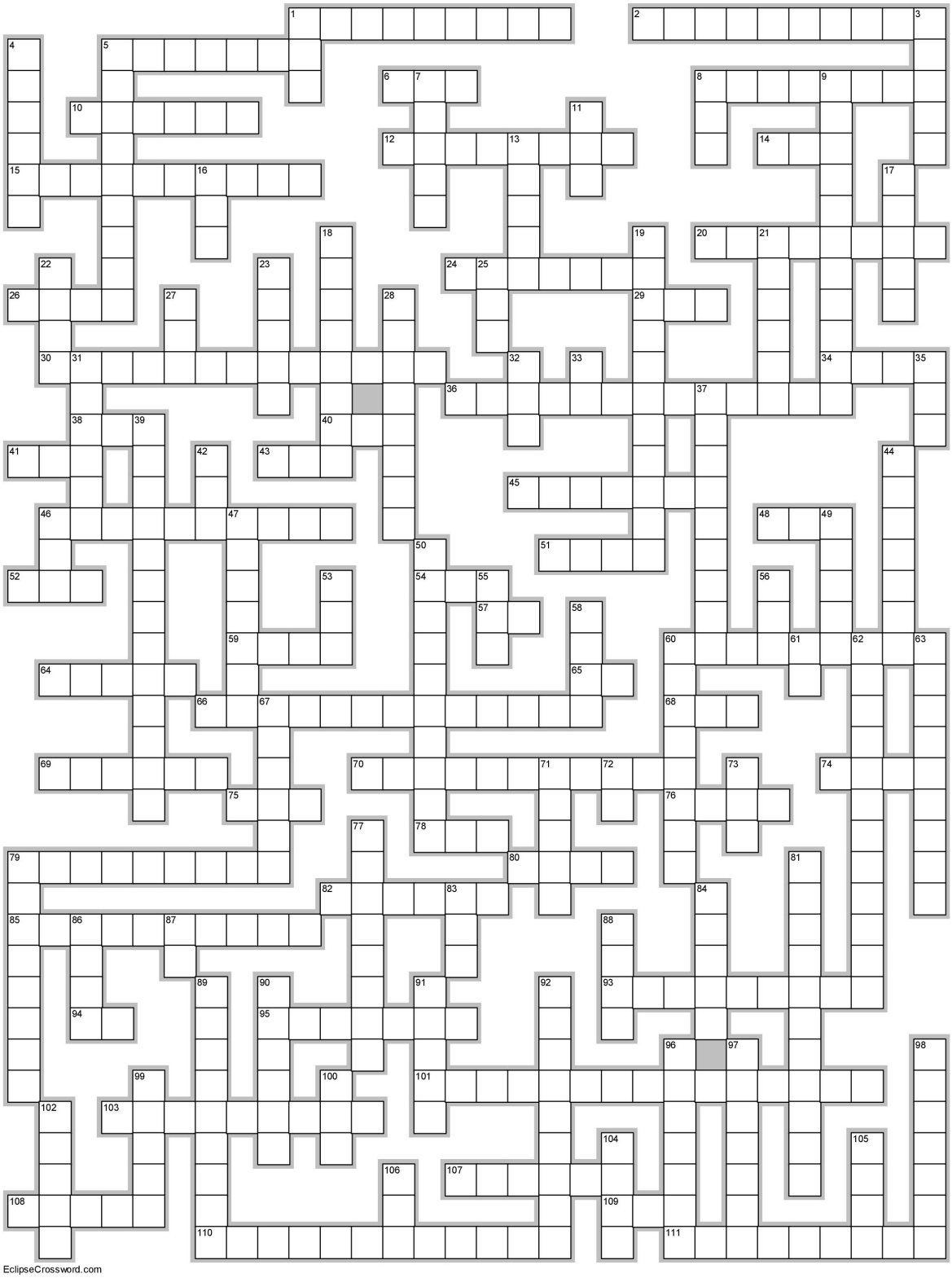
## Non tutto fila liscio...

Esaminiamo ora alcuni aspetti negativi di tale configurazione. Il primo inconveniente è quello rappresentato dalla tensione di polarizzazione della base. Infatti questa, dato che le giunzioni B-E nel Darlington sono due, deve essere di almeno 1,2V; ciò spiega la maggiore attenuazione del segnale d'uscita che, in una configurazione come quella in oggetto, può raggiungere alla massima ampiezza 2,4V. Data la simmetria del circuito, sono infatti ben quattro le giunzioni da polarizzare, e questo fatto va tenuto in debito conto quando si calcola la tensione di alimentazione dello stadio in funzione della potenza nominale da ottenere su un dato carico. L'utilizzo di due BJT a inseguitore di emettitore presenta una differenza di fase, tra segnale d'ingresso e quello d'uscita; al crescere della frequenza il fenomeno si accentua, in quanto causato dalla somma dei ritardi introdotti dai singoli BJT. In figura 19 è mostrato il ritardo introdotto del circuito di figura 15, cioè dai Darlington formati dalle coppie BD 139 - TIP 35 e complementari; lo sfasamento non è abbastanza significativo, ma siamo pur sempre a 1 MHz! Alle frequenze audio (20Hz-20KHz) il fenomeno è trascurabile ma la cosa non è da sottovalutare quando si affronta lo studio della stabilità dello stadio e/o di tutto l'amplificatore, soprattutto in circuiti retro-azionati dove le auto-oscillazioni sono in agguato. Nella prossima puntata approfondiremo lo studio del Darlington e di altre versioni circuitali ad esso legate.

# SEGUICI SU facebook

**Clicca "Mi Piace" e scarica subito la *Guida Android***

## CROSSWORD



EclipseCrossword.com

# Relax... elettronico

*stampa e gioca*

2

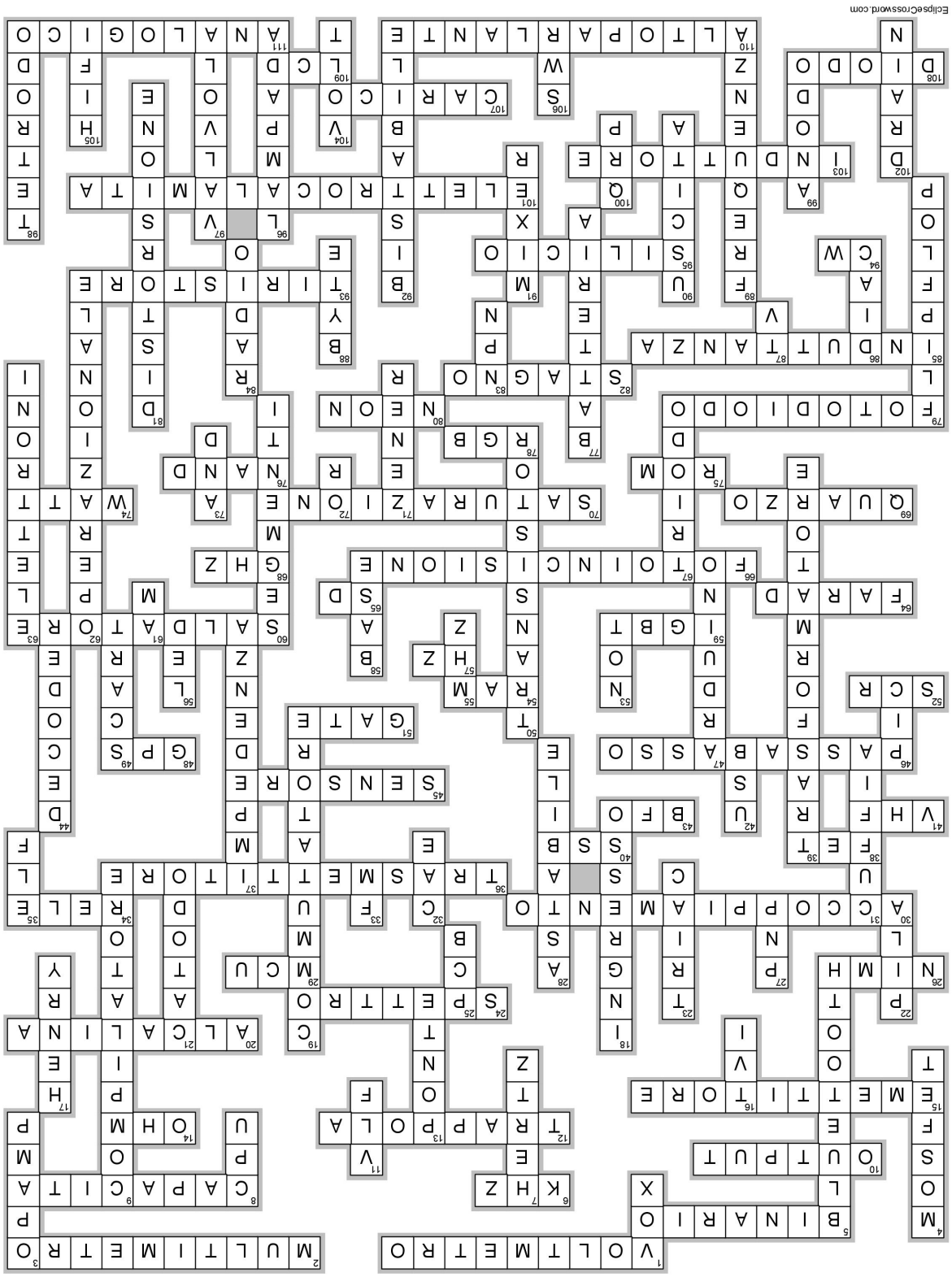
ORIZZONTALI

1. Strumento per la misurazione della d.d.p.
2. Strumento per misurare valori elettrici
5. Sistema di numerazione in base due
6. 1.000 Hertz
8. Rapporto tra la carica elettrica tra le armature e la tensione applicata
10. Uscita del segnale
12. Isola tratti di filo per consentire il funzionamento dell'antenna su diverse frequenze
14. Unità di misura della resistenza elettrica
15. Un terminale del transistor
20. Tipologia di pila
24. Banda continua di radiazioni elettromagnetiche
26. Componente delle batterie verdi
29. Microcontrollore
30. Unione che consente di trasferire potenza da un sistema ad un altro
34. Deviatore che non viene azionato a mano ma da un elettromagnete
36. TX
38. Transistore a effetto campo
40. Banda laterale singola
41. Very High Frequency
43. Oscillatore a frequenza di battimento
45. Dispositivo che converte energia meccanica in elettrica
46. Un tipo di filtro
48. Sistema di Posizionamento Globale
51. Un terminale del transistor FET
52. Dispositivo simile ad un diodo
54. Memoria volatile
57. Unità di misura della frequenza
59. Transistor bipolare a gate isolato
60. Attrezzo che fonde lo stagno per unire i componenti
64. Unità di capacità dei condensatori
65. Memoria per fotocamera e altro
66. Tecnica di lavorazione che permette di realizzare circuiti stampati
68. Un miliardo di Hz
69. Cristallo
70. Zona di funzionamento del transistor
74. Unità di misura della potenza
75. Memoria non volatile
76. Operatore Booleano
78. Rosso, verde e blu
79. Diodo a giunzione che genera una corrente inversa se colpito dalla luce
80. Elemento chimico appartenente al gruppo dei gas nobili
82. Serve per la brasatura
85. Rapporto tra flusso di induzione magnetica circuito e la corrente che lo ha prodotto
93. Dispositivo elettronico a semiconduttori, con struttura a quattro strati
94. Codice Morse
95. Elemento costitutivo deil transistor e del diodo
101. Produce un campo magnetico grazie al passaggio di corrente elettrica
103. Componente che mostra spiccate proprietà induttive
107. Dispositivo che per funzionare ha bisogno di una fonte energetica
108. Dispositivo elettronico a due elettrodi che consente il passaggio di corrente in una sola direzione
109. Display a cristalli liquidi
110. Apparecchio che trasforma i segnali elettrici in segnali acustici
111. Dispositivo che tratta grandezze rappresentandole con altre grandezze

VERTICALI

1. Attiva il microfono con un rumore
3. Abbreviazione di operazionale
4. Tipologia di transistor ad effetto di campo
5. Protocollo per l'interconnessione tra dispositivi elettronici per mezzo di onde radio anziché via cavo
7. Nome di un fisico tedesco
8. Unità di processo centrale
9. Traduttore da linguaggio ad alto livello a basso livello
11. Generatore di energia elettrica
13. Struttura circuitale a quattro lati
16. Interferenze televisive a causa di trasmettitori radio vicini
17. Unità di misura dell'induttanza
18. Input
19. Dispositivo che consente di connettere una linea a linee diverse
21. Elettrodo a potenziale minore
22. Generatore di energia elettrica
23. Componente elettronico che controlla carichi in corrente alternata
25. Circuito stampato
27. Tipologia di transistor
28. Particolare multivibratore che passa continuamente da uno stato di funzionamento a un altro
31. Accessorio per l'ascolto individuale di suoni
32. Computer Aided Engineering
33. Modulazione di frequenza
35. Extremely low frequency
37. Indica la forza che in un circuito si oppone al passaggio di una corrente alternata
39. Macchina elettrica statica
42. Universal Serial Bus
44. Circuito con più ingressi e più uscite
46. Faniglia di microcontrollori
47. Schedina elettronica con un microcontrollore e circuiteria di contorno, utile per creare rapidamente prototipi e per scopi hobbistici e didattici
49. Tipologia di connettore per segnali audio e video
50. Dispositivo elettronico che permette di controllare la corrente di un circuito
53. Operatore Booleano
55. 1.000.000 di Hertz
56. Diodo che emette radiazioni luminose
58. Un terminale del transistor
60. Elementi per visualizzare un numero in un display
61. Modulazione di ampiezza
62. Amplificatore ad altissimo guadagno
63. Particelle subatomica con carica elettrica negativa
67. Tubo termoelettronico a tre elettrodi
71. Tipologia di diodi
72. Operatore Booleano
73. Operatore Booleano
77. Generatore di energia elettrica costituito da più pile o accumulatori
79. Circuito elettronico che può assumere due diversi statistabili
81. Variazione non desiderata della forma d'onda di un segnale
83. Tipologia di transistor
84. Dispositivo che tratta onde elettromagnetiche
86. Diodo formato da due tiristori in antiparallelo
87. Televisione
88. Unità di misura della quantità di informazione corrispondente a una successione di otto bit
89. Numero di cicli che una grandezza variabile compie nell'unità di tempo
90. Output
91. Apparecchiatura utilizzata per miscelare segnali audio
92. Dispositivi capace di assumere due stati stabili di funzionamento
96. Sorgente luminosa per l'illuminazione artificiale
97. Componente utilizzato prima del transistor
98. Tubo termoelettronico a quattro elettrodi
99. Elettrodo a potenziale maggiore
100. Emissione a bassa potenza
102. Un terminale del transistor FET
104. Unità di misura della tensione elettrica
105. Alta fedeltà
106. Onde stazionarie

# Soluzioni



# TOUCH SCREEN

di Maurizio Di Paolo Emilio

*Incorporato nei telefoni, cornici digitali, pulsanti di controllo TV, telecomandi, sistemi GPS e attrezzature mediche di monitoraggio, il touch screen ha raggiunto ogni settore, ogni tipo di prodotto in tutte le dimensioni e ogni applicazione in ogni fascia di prezzo. Come per ogni tecnologia, ci sono diversi approcci di implementazione e molte considerazioni tecniche per la progettazione di un touch screen.*

I cinque tipi più comuni di touch screen sono: resistivo, capacitivo, SAW (Surface Acoustic Wave) e infrarossi. A parte quello capacitivo che è il più utilizzato, gli ultimi due si stanno affacciando sul mercato con buone prospettive di applicazione. In molti casi, il sistema touch riesce a sostituire le funzioni del mouse e della tastiera, il che permette di avere la compattezza di molti dispositivi (vedi smartphone/tablet). Inoltre, oltre ad avere una struttura geometrica differente a seconda del campo applicativo, può essere realizzato con una tecnologia più robusta, in grado di resistere a graffi e urti per usi industriali.

## Panoramica generale

Un touch screen è un dispositivo sensibile alla pressione di un dito, frutto dell'integrazione di uno schermo e di un digitalizzatore. Mentre un pannello touch screen resistivo è rivestito con uno strato elettricamente conduttivo metallico (resistivo) e misura la variazione di corrente elettrica, quello capacitivo è rivestito con un materiale capace di immagazzinare cariche elettriche e la misura si basa sulla variazione di capacità. Quando si sfiora lo schermo, una carica è attratta dal punto di contatto e dei sensori di controllo ne misurano la variazione inviando, successivamente, le relative informazioni al controllore di elaborazione.

Il touch screen ha due attributi principali. In primo luogo, permette di interagire direttamente con ciò che viene visualizzato, piuttosto che indirettamente con un cursore controllato da un mouse o touchpad. In secondo luogo, permette di eseguire un'operazione senza richiedere alcun dispositivo intermedio che avrebbe bisogno di essere tenuto in mano.

La tecnologia touch screen ha il potenziale di sostituire la maggior parte delle funzioni del mouse e della tastiera. L'interfaccia viene utilizzata in un'ampia varietà di applicazioni per migliorare l'interazione utente-computer. Come la tecnologia avanza, gli utenti possono essere in grado di operare con i computer senza mouse e tastiere. A causa della sua convenienza, soluzioni tecnologiche touch screen sono state applicate in vari fronti industriali, come distributori, POS (Point-of-Sale), elettronica di consumo, tablet PC, macchine di controllo processo, Office Automation e sistemi automotive.

## Tecnologie Touch Screen

I touch panel si basano principalmente su quattro tecnologie di base: resistivo, capacitivo, Surface Acoustical Wave (SAW) e infrarossi (IR). Ognuno di questi design presentano vantaggi e svantaggi.

I Touch Resistivi (Figura 1) si basano su una struttura a sovrapposizione, composto da uno strato superiore flessibile e uno strato inferiore rigido separati da punti

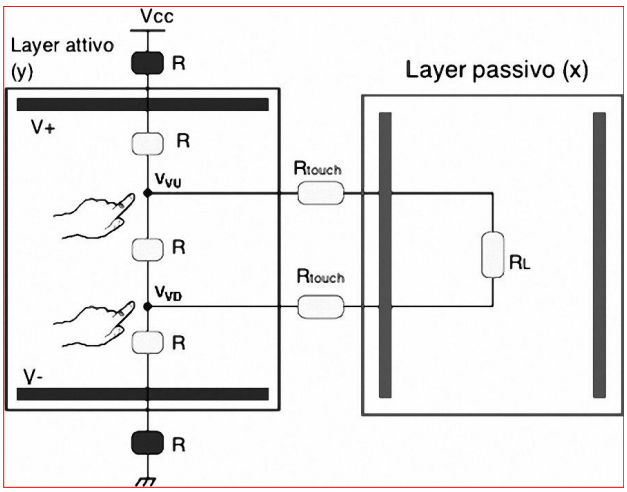



*Figura 1: Struttura di uno schermo touch resistivo*

isolanti e collegati ad un controllore touch screen. La superficie interna di ciascuno dei due strati è rivestita con uno strato di ossido di metallo trasparente, Indium Tin Oxide (ITO), che facilita il passaggio di cariche elettriche attraverso ogni strato quando viene applicata una tensione. Premendo il foglio superiore flessibile si crea il contatto elettrico tra gli strati resistivi producendo nel circuito una variazione di corrente. L'elettronica di controllo valuta il partitore di tensione e determina le coordinate X e Y risultante dal tocco sul touch screen. I dati di controllo vengono, quindi, passati al sistema operativo del computer per l'elaborazione.
I Pannelli touch screen resistivi sono molto più economici e dotati di una discreta robustezza per applicazioni in ambienti industriali. Lo schermo non è completamente traslucido e ne risente la luminosità e la qualità. Principali applicazioni dei touch screen resistivi si trovano nei prodotti alimentari-service; Point-Of-Sale (POS), controllo dei processi industriali e della strumentazione di vendita al dettaglio.
Un pannello touch screen capacitivo (Figura 2) è rivestito con un materiale simile al condensatore che ha la capacità di immagazzinare le cariche elettriche. Quando viene toccato lo schermo, una piccola quantità di carica è attratta dal punto di contatto. I sensori situati su ciascun angolo del pannello, misurano la carica e inviano le informazioni al controllore per l'elaborazione.

I touch screen capacitivi hanno un'eccellente chiarezza e senza parti mobili soggette a usura. Liquidi, sporco, grasso o altri contaminanti non influenzano il loro funzionamento. Purtroppo, soluzioni stilo o dita con guanti non attivano il sistema touch. Può essere suddiviso in due grandi categorie: capacitiva di superficie e proiettata. Nella tecnologia di superficie, solo un lato è rivestito con uno strato conduttivo dove è applicata una piccola tensione. Quando un conduttore, come un dito, tocca la superficie non patinata, si viene a creare un condensatore. Il controllore del sensore può determinare la posizione del tocco indirettamente dalla variazione della capacità misurata dai quattro angoli del pannello. Poiché non ha parti in movimento questo tipo di touch screen può essere considerato moderatamente resistente, ha una risoluzione limitata ed è soggetta a falsi segnali provenienti da accoppiamenti capacitivi parassiti. E', quindi, molto spesso utilizzato in applicazioni semplici come controlli industriali. La tecnologia proiettata a tocco capacitivo (PCT), invece, è una tecnologia touch che consente un miglior funzionamento con più flessibilità.
La tecnologia consiste di uno strato di vetro che si trova in cima ad uno strato sensore tattile. Tale strato compone una griglia XY, formata con un insieme di elettrodi separati da due strati perpendicolari di materiale conduttivo. Lo strato sensore tattile è inserito tra il coperchio di protezione e il pannello del display, di solito un display a cristalli liquidi o diodi organici ad emissione di luce (OLED).
Un dito sulla griglia XY cambia la capacità delle tracce più vicine che viene misurata per mezzo di IC controller che ne calcola la posizione. L'impiego di una griglia XY permette una risoluzione superiore rispetto alla tecnologia resistiva. I touch screen capacitivi PCT sono più robusti, resistente ai graffi e permettono l'uso di guanti. Tutte queste caratteristiche li rendono ideali per applicazioni estreme, industriali o all'aperto.
Un'altra tecnologia è il touch screen infrarossi (Figura 3) che utilizza una matrice di LED XY a infrarossi e coppie di fotorivelatori intorno ai bordi dello schermo per rilevare il posizionamento del touch. Un

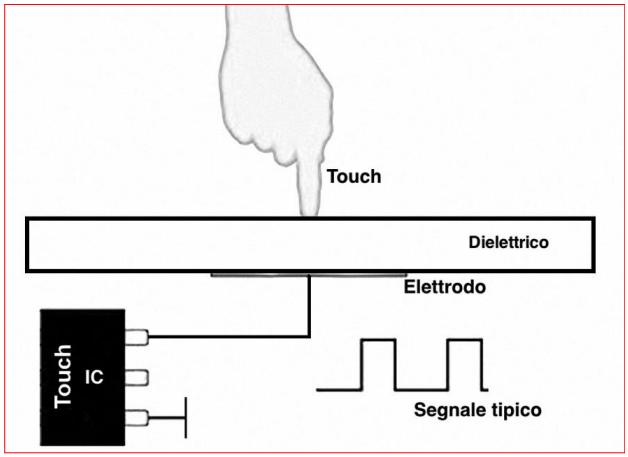


*Figura 2: Struttura di uno schermo touch capacitivo*

FEATURED EVENT

CONNECTED AUTOMOBILES 2015

WWW.CONNECTEDAUTOMOBILES.EU

2015 WORLD EDITION

# SmartMobilityWorld

## 28-30 OTTOBRE 2015

## AUTODROMO DI MONZA

WWW.SMARTMOBILITYWORLD.EU

SHARING MOBILITY

E-TICKETING

CONNECTED CAR

GREEN LOGISTICS

ITS

SMART PARKING

E-MOBILITY

RFID

ORGANIZED BY ClickutilityTeam innovability

PROMOSSO DA

notevole vantaggio di un tale sistema è che può rilevare essenzialmente qualsiasi ingresso touch compreso un dito, dito con guanto, stilo o penna. E' generalmente utilizzato in applicazioni esterne e sistemi Point-Of-Sale, che non possono contare su un conduttore (ad esempio un dito nudo) per attivare il touch screen. Diversamente dai touch screen capacitivi, gli infrarossi non richiedono pattering sul vetro che ne aumenta la durata e chiarezza ottica del sistema complessivo.

La tecnologia Surface Acoustic Wave (SAW) è uno dei touch screen più avanzati e di ultima generazione (Figura 4). La tecnologia si basa su due trasduttori (trasmissione e ricezione) posti entrambi sugli assi X e Y del pannello di touch. L'altro elemento importante è posizionato sul vetro, chiamato riflettore. Il controllore invia il segnale elettrico al trasduttore di trasmissione che converte il segnale in onde ultrasoniche inviate ai riflettori che sono allineati lungo il bordo del pannello. I riflettori diffondono le onde verso i trasduttori di ricezione, i quali convertono le onde in un segnale elettrico per essere inviato al controller. Quando un dito tocca lo schermo, le onde vengono assorbite e opportunamente rivelate e analizzate per mezzo di IC di controllo.

Rispetto alle tecnologie resistive e capacitive, la tecnologia SAW fornisce una buona risoluzione dell'immagine, con buona trasmissione e ricezione della luce. Gli svantaggi risiedono nella robustezza, lo schermo SAW non è completamente

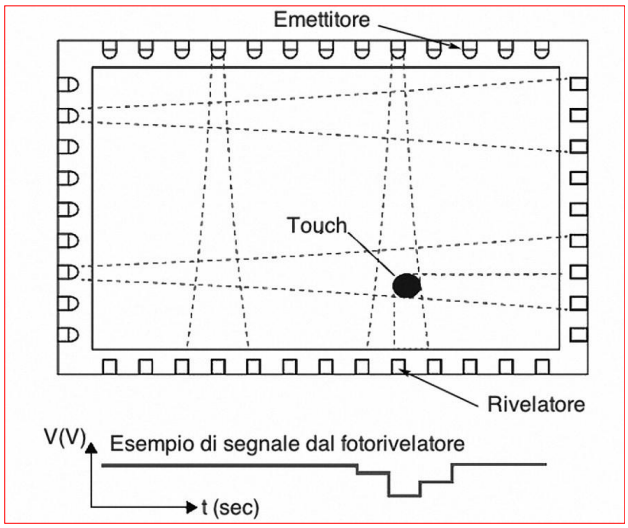



*Figura 3: Struttura di uno schermo touch IR*

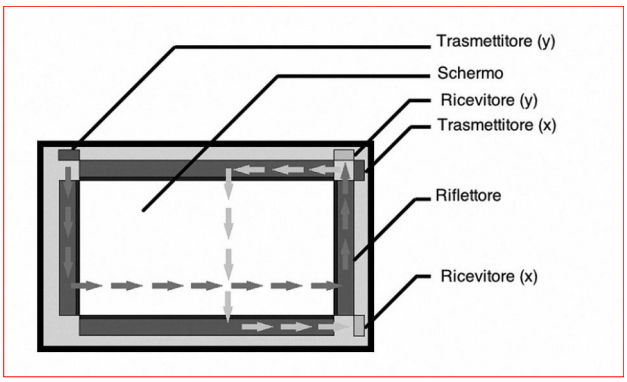



*Figura 4: Struttura di uno schermo touch SAW*

sigillato e può essere influenzato da una grande quantità di sporco, polvere e / o acqua. E' consigliato per i bancomat, applicazioni finanziarie o altri ambienti interni ad alto traffico. Tuttavia, l'elevato costo ne limita ancora l'utilizzo e ulteriori progressi ne prossimi anni permetteranno un miglioramento del rapporto costo/prestazione.

## Uno sguardo al mercato

I touch screen hanno trasformato uno dei mercati di visualizzazione in più rapida crescita da quando Apple ha lanciato l'iPhone nel 2007. Ora appaiono su tutti i tipi di dispositivi con un mercato in crescita di 10 volte più veloce rispetto al mercato globale del display (Figura 5).

Il rapporto, "the Global Retail Touch Screen Display Market 2014-2018" della ResearchAndMarket è stato preparato sulla base di un'analisi approfondita del mercato dei touch screen che prevede un CAGR del 30,33% nel periodo 2013-2018. Uno dei fattori chiave che contribuiscono a questa crescita del mercato è l'uso di alta tecnologia nei display touch screen per il coinvolgimento del cliente. Il mercato è stato anche testimone della crescente attenzione allo sviluppo di schermi multi-touch. Tuttavia, l'aumento dei costi di produzione potrebbe rappresentare una sfida per la crescita di questo mercato.

L'implementazione della tecnologia multi-touch in soluzioni touch screen consente agli utenti finali di utilizzare il prodotto con più punti di contatto sullo schermo. Questa tecnologia è un ulteriore vantaggio per soluzioni touch screen di tipo capacitivo utilizzati in prodotti consumer come l'iPhone

NEW!

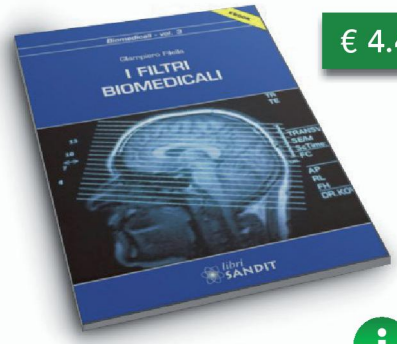
SCOPRI TUTTI GLI

# ebook ELETTRONICA

NEW!

€ 5.49

**I LED e l'illuminazione**




€ 4.49

**I filtri medicali**

€ 7.99

**Sensori**

€ 14.64

**Pillole di microcontrollori PIC**

€ 5.49

**Oscilloscopio facile 2**

€ 9.49

**Metal Detector**

€ 5.49

**Oscilloscopio facile**

€ 6.49

**Lavorare con Raspberry PI**

€ 4.49

**Lampade a LED e normative**

manuali - elettronica - FR - meccanica - strumentazione - programmazione - microcontrollori

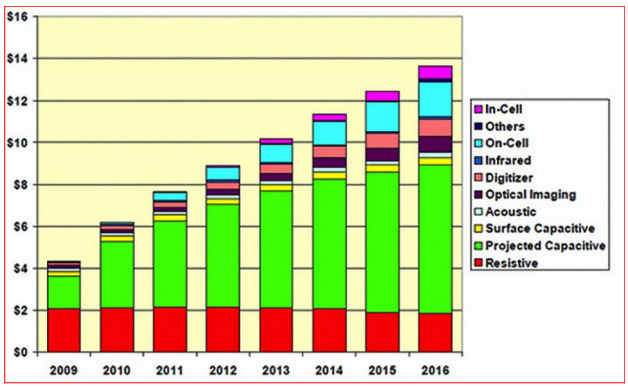



*Figura 5: Andamento del mercato dei touch screen [Fonte: DisplaySearch]*

e l'iPad di Apple.

## Controller Touch Screen IC

Nel mercato elettronico ci sono diversi tipi di controller IC per touch screen, classificati per tecnologia, interfaccia e tipo di package. L'interfaccia di gestione può essere I2C / SPI, Serial, UART o USB. Secondo un nuovo rapporto di IHS Technology, il mercato dei controller touch capacitivo IC è previsto in netta crescita a un tasso annuale composto (CAGR) del 10,6% nel 2013-2017. Il controller, un componente chiave che determina le prestazioni dei pannelli touch, è un semiconduttore che trasforma i segnali analogici in segnali digitali. Ciò si verifica quando un utente tocca lo schermo di un dispositivo. La tecnologia touch capacitiva sta guidando la crescita del settore diventando il mainstream dei touch screen. Negli ultimi anni, molte aziende hanno manifestato interesse in questo mercato, alcuni leader nella produzione di IC controller sono Atmel, Synaptics, Maxim, Cypress e Broadcom. In seguito all'incremento della domanda di smartphone e tablet, altre società asiatiche, tra cui Melfas dalla Corea del Sud, e FocalTech, Goodix e Mstar dalla Cina e Taiwan, stanno entrando attivamente nel mercato con un buon rapporto costo/prestazione. La famiglia CYTT21X / 31X della Cypress (Figura 6) fornisce un'esperienza utente migliorata rispetto alle versioni precedenti del portafoglio TrueTouch, con il supporto delle seguenti caratteristiche: modalità di commutazione automatica (AMS) per modalità di rilevamento avanzata, face detection e tecnologia multi-touch.

Il controller CYTT31X supporta input da una stilo passivo con una punta sottile da 2,5 mm, che è essenziale per la scrittura di lingue che richiedono maggiore riconoscimento dei caratteri per l'immissione di testo affidabile, come il cinese, coreano e giapponese. Il controller CYTT21X supporta una funzione di rilevamento viso che impedisce tocchi accidentali.

I chip touch screen della Atmel (Figura 7) sono sufficienti per soddisfare i dispositivi mobili più compatti e per ospitare schermi di dimensioni più grandi, come tavolette digitali e notebook. I controller touch screen Atmel maXTouch combinano la tecnologia brevettata Atmel relativa al trasferimento di carica con un microcontroller Atmel AVR a

| Part Number | Top Marking | TrueTouch | | | | | | Package |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sense I/O | Base Features | Advanced Wet-finger Tracking | Glove | Easy Wake | Face Detection | Type |
| CYTT21100-44LQI28(T) | CYTT21000-44LQI | 28 | ✔ | – | – | – | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21401-44LQI28(T) | CYTT21000-44LQI | 28 | ✔ | ✔ | ✔ | – | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21402-44LQI28(T) | CYTT21000-44LQI | 28 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21100-44LQI33(T) | CYTT21000-44LQI | 33 | ✔ | – | – | – | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21401-44LQI33(T) | CYTT21000-44LQI | 33 | ✔ | ✔ | ✔ | – | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21402-44LQI33(T) | CYTT21000-44LQI | 33 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21100-44LQI35(T) | CYTT21000-44LQI | 35 | ✔ | – | – | – | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21401-44LQI35(T) | CYTT21000-44LQI | 35 | ✔ | ✔ | ✔ | – | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21402-44LQI35(T) | CYTT21000-44LQI | 35 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | – | 44-Pin QFN |
| CYTT21403-44LQI35(T) | CYTT21000-44LQI | 35 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | 44-Pin QFN |
| CYTT21100-48LQI36(T) | CYTT21000-48LQI | 36 | ✔ | – | – | – | – | 48-Pin QFN |
| CYTT21401-48LQI36(T) | CYTT21000-48LQI | 36 | ✔ | ✔ | ✔ | – | – | 48-Pin QFN |
| CYTT21402-48LQI36(T) | CYTT21000-48LQI | 36 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | – | 48-Pin QFN |
| CYTT21403-48LQI36(T) | CYTT21000-48LQI | 36 | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | 48-Pin QFN |

*Figura 6: La famiglia CYTT21X della Cypress [Fonte: data sheet]*

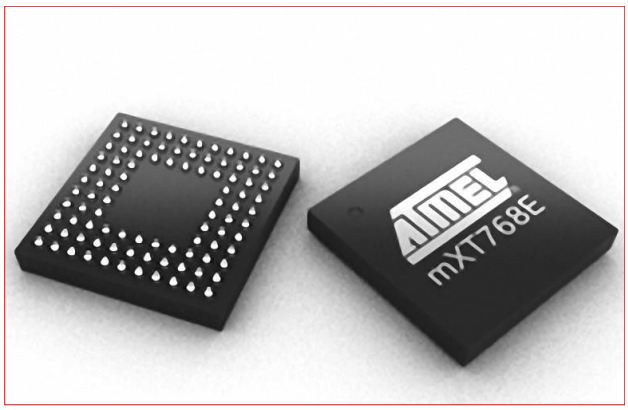



*Figura 7: IC controller touch screen Atmel maXTouch*

8/16-bit o 32-bit (MCU). Questi dispositivi avanzati forniscono touch illimitati (fino a 16 tocchi), tempo di risposta veloce e l'elaborazione intelligente di un'immagine touch capacitivo, con tecnologia multitouch per una serie di eventi da integrare nel processore host. Un alto rapporto segnale-rumore (SNR) permette a questi dispositivi di funzionare bene con un touch delle dita e una stilo. Essi sono stati progettati per lavorare in ambienti difficili in rapida evoluzione. Inoltre, dal momento che solo la zona touch screen è sensibile al tocco, si ha la libertà di posizionare il chip sulla scheda principale o adiacente al sensore. L'alta sensibilità dei controller touch screen capacitivo MAX11855 / MAX11856 (Figura 8) della Maxim garantisce applicazioni di bassa potenza sensibili come i dispositivi palmari. Dispongono anche di un ingresso dedicato per la soppressione degli eventi di rumore da telefono cellulare e di commutazione LCD. Un minimo numero di componenti esterni è necessario per implementare una soluzione completa; una tipica applicazione a chip singolo è costituita da tre condensatori di bypass. Il MAX11856

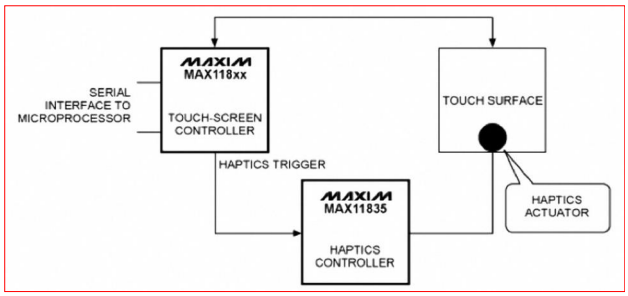



*Figura 8: Esempio di collegamento con un IC controller touch screen capacitivo MAX118xx [Fonte: data sheet]*

è disponibile in un pacchetto TQFN a 48 pin e il MAX11855 è disponibile in un pacchetto TQFN a 40 pin.

## Un'applicazione pratica

La scheda TouchPanel Controller dispone di un controller per touch panel 4 wire resistivo analogico (Figura 9). Il goal del controller è creare livelli di tensioni al fine di decodificare i touch dello schermo identificando le coordinate x e y. La scheda dispone di connettore flat 4-wire e connettore IDC10 femmina per l'interfacciamento con schede di sviluppo (MIkroe) o prototipo. Il connettore IDC10 consente una facile connessione con le periferiche. Il collegamento tra la scheda aggiuntiva e un pannello touch avviene tramite il connettore CN2 previsto sulla scheda aggiuntiva. Come utilizzare la scheda? Un pannello touch è un foglio sensibile al tocco come descritto nei paragrafi precedenti. Al fine di registrare qualsiasi contatto, è necessario collegare il pannello touch alla scheda aggiuntiva. Il principio di funzionamento del pannello si basa sulla variazione di tensione causata da

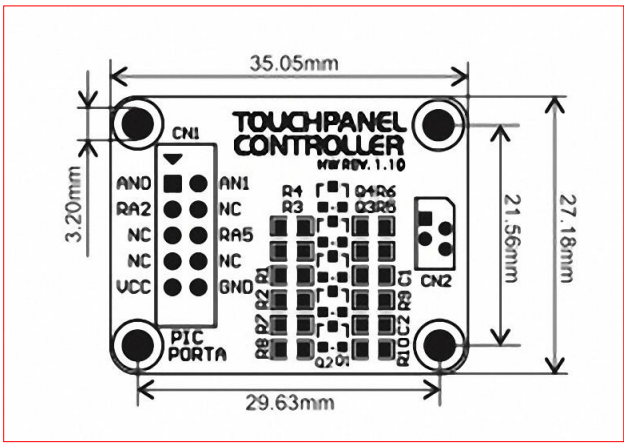



*Figura 9: Touch controller board*

un tocco o la pressione applicata al touch screen. Esso è composto da due fogli flessibili rivestiti con un materiale resistivo separati da un traferro. Per rilevare un contatto, è necessario applicare tensione ad uno di questi due fogli (DRIVEA per esempio). Quando avviene il contatto, i due fogli vengono pressati insieme e il secondo misura foglio la tensione nel punto premuto come distanza lungo il primo foglio. La

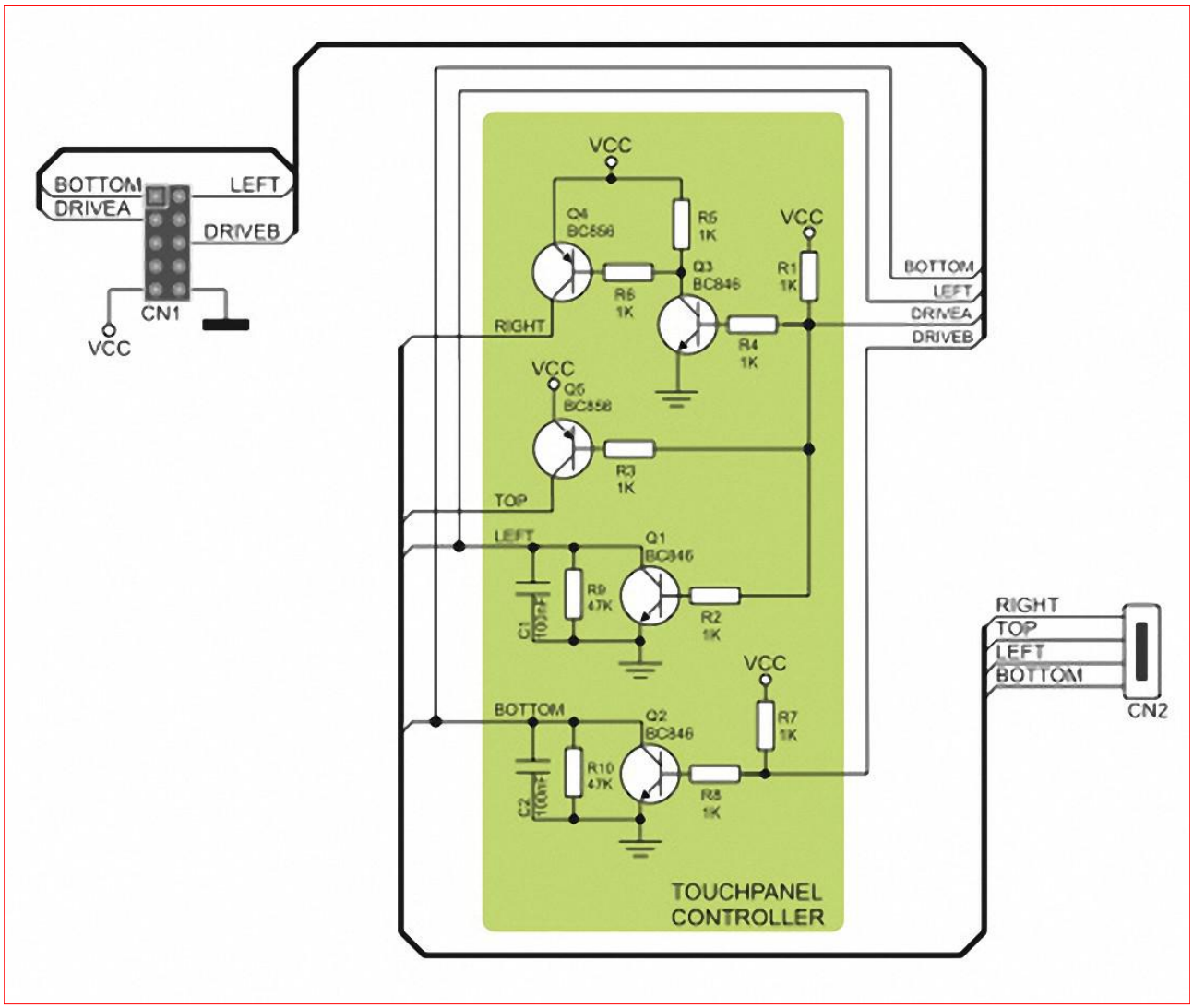



*Figura 10: Layout della connessione della Touch Controller Board*

distanza misurata è indicata come asse X (BOTTOM). Non appena questo dati vengono acquisiti, la stessa tensione viene applicata al secondo foglio (DRIVEB). La distanza sarà acquisita come asse Y (Figura 10). La scheda è compatibile con tutte le schede di sviluppo Mikroe. Al seguente link: http://www.mikroe.com/downloads/get/245/touchpanel_examples.zip si trovano esempi pronti all'uso per risparmiare sul tempo di sviluppo con supportato su tutti i compilatori della Mikroelektronika. I Touch-screen auto-adesivo con interfaccia a 4 cavi da impiegare nello schema applicativo con il touch Controller Board è rappresentato in figura 11. Grazie a una tecnologia resistente, questo pannello è in grado di rilevare anche il tocco più soffice per abilitare qualsiasi applicazione al touch in modo facile e veloce. Ulteriori soluzioni touch sono rappresentati da schermi di standard industriale di 5,7" con risoluzione di 640x480 pixel. In particolare, il modello DPP-CT6448 contiene il veloce controller iLCD a 32-bit DPC3080 e supporta una risoluzione VGA su un'area schermo attiva di 112.9x84.7 mm. Attraverso un MCU aggiuntivo è possibile controllare le opzioni di interfaccia seriale e TCP/IP per il networking e un rapido download dei dati.

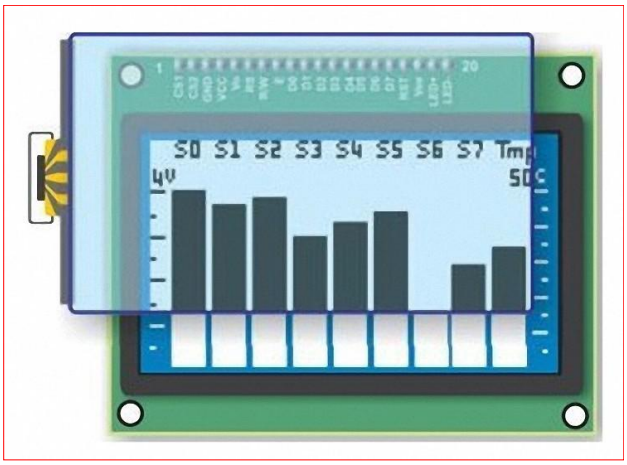



*Figura 11: Touch screen resistivo low cost*

# Scopri il nuovo ARDUINO projects

**12 progetti completi**

**190 pagine**

**Solo 4.99€!!**

**Acquistalo ora!**

PayPal MasterCard VISA

RS232 con Arduino
Usare Arduino con GSM/GPRS
ArduinoBOT
Braccio robotico
Alla scoperta di Arduino DUE
Scambiatore per elettropompe
Etilometro
Game Controller
Lampada da tavolo intelligente
Arduino parlante
Controllare Arduino
Web server

**I progetti sono completi di firmware!**

IE cloud

# VOLTMETRO DIGITALE DA 4 CIFRE ½ CON MICROCONTROLLORE PIC

Ing. Giovanni Carrera

*Oggi è disponibile una vasta gamma di microcontrollori con convertitori analogici/digitali (ADC) a 10, 12 e perfino 16 bit. Essi sono molto utili per interfacciare dispositivi analogici come i sensori. In realtà i convertitori embedded presentano parecchi difetti rispetto a quelli esterni, il più evidente è la presenza di rumore con livelli ben superiori alla risoluzione del convertitore stesso. Esistono metodi per ridurre il rumore e aumentare la precisione.*

Lavorando sull'hardware si può filtrare esternamente l'alimentazione analogica, per esempio con un circuito LC sull'ingresso AVCC di un Atmega328 e s'inserisce una sorgente di riferimento esterna VREF, più stabile di quella incorporata. A livello software si può intervenire con un filtraggio digitale, il sistema più elementare è quello di eseguire una media su un certo numero di campioni. Se si vuole realizzare un voltmetro da pannello di buona accuratezza e precisione, bisogna ricorrere ai classici convertitori a doppia rampa, come si vedrà in seguito, questi convertitori sono in pratica immuni anche al rumore di rete (50Hz), sempre presente in qualsiasi ambiente. Il circuito integrato ICL7135 dell'Intersil, pur non essendo di recente progettazione, è ancora molto usato per realizzare voltmetri/multimetri digitali di precisione, con conteggio di +/- 19999, ossia 4 cifre ½. Data la sua grande diffusione, si trova sul mercato a un prezzo molto basso rispetto alle sue ottime caratteristiche ed è costruito anche da altre case, tra cui Texas Instruments e Maxim. A differenza di altri circuiti integrati per DVM (Digital Volt Meter) esso è facilmente interfacciabile oltre ai display a LED o LCD anche a microprocessori o dispositivi di comunicazione come le UART. Per questi motivi, interfacciato a un microcontrollore PIC, potrebbe essere

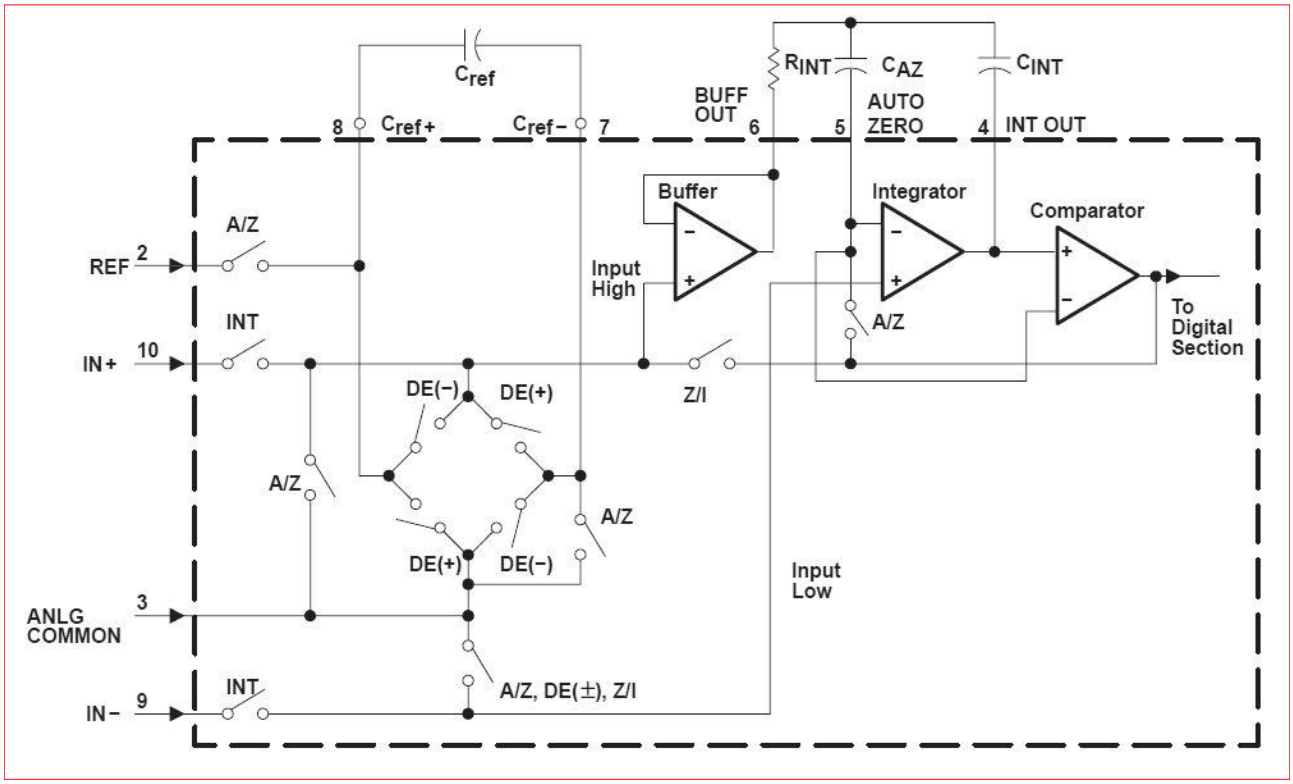



*Figura1: Sezione analogica del convertitore*

una buona soluzione per realizzare un preciso voltmetro da laboratorio con uscita seriale. Per il numero di I/O richiesti, si è scelto un PIC a 28 pin della serie 16F. Possedendo in casa alcuni PIC16F73, versione flash più performante del vecchio PIC16C73, si è utilizzato questo microcontrollore, ma non è difficile modificare il firmware anche per altri PIC. Prima di passare a descrivere il programma, occorre introdurre il lettore al principio di funzionamento del convertitore analogico/digitale (ADC) a doppia rampa usato nel dispositivo anche per capire meglio il programma.

## Principio di funzionamento

La figura 1 mostra lo schema funzionale della parte analogica del convertitore ADC. Questo ADC presenta anche una funzione di auto-zero che evita il fastidioso off-set che hanno altri convertitori (che richiedono un apposito trimmer) e migliora l'accuratezza sullo zero che è migliore di 10uV, se si pensa che la risoluzione del convertitore è di 100uV. La conversione avviene in quattro fasi:

1. Auto-Zero Phase: gli ingressi IN+ e IN− sono internamente scollegati ai terminali e connessi alla massa analogica ANLG COMMON. Il condensatore di riferimento CREF è caricato alla tensione di riferimento VREF. Il condensatore di auto-zero CAZ è caricato allo zero effettivo per compensare l'off-set dei vari circuiti operazionali.

2. Signal Integrate Phase: gli ingressi IN+ e IN− vengono connessi ai rispettivi terminali. La tensione differenziale è integrata per un periodo fisso pari a 10.000 cicli di clock. Alla fine di questa fase si memorizza la polarità del segnale.

3. De-integrate Phase: la tensione di riferimento è usata per questo compito. L'ingresso IN− è internamente collegato alla massa analogica e IN+ è collegato al condensatore CREF , caricato nella fase 1 alla tensione di riferimento. La polarità rivelata prima permette di collegare Cref in modo che l'uscita dell'integratore torni a zero. Questa fase, a differenza delle altre, dura un tempo che dipende dall'ampiezza del segnale in ingresso.

4. Zero Integrator Phase: l'ingresso IN− è collegato, internamente, alla massa analogica. L'uscita dell'integratore viene, quindi, portata a zero. Questa fase richiede da 100 a 200 cicli di clock. Nel caso avvenga una conversione fuori scala (Over-Range), sono richiesti 6200 cicli per azzerare l'uscita.

A differenza della singola integrazione,la doppia rampa elimina gli errori legati alla stabilità della frequenza del clock e a quella della costante di tempo RC

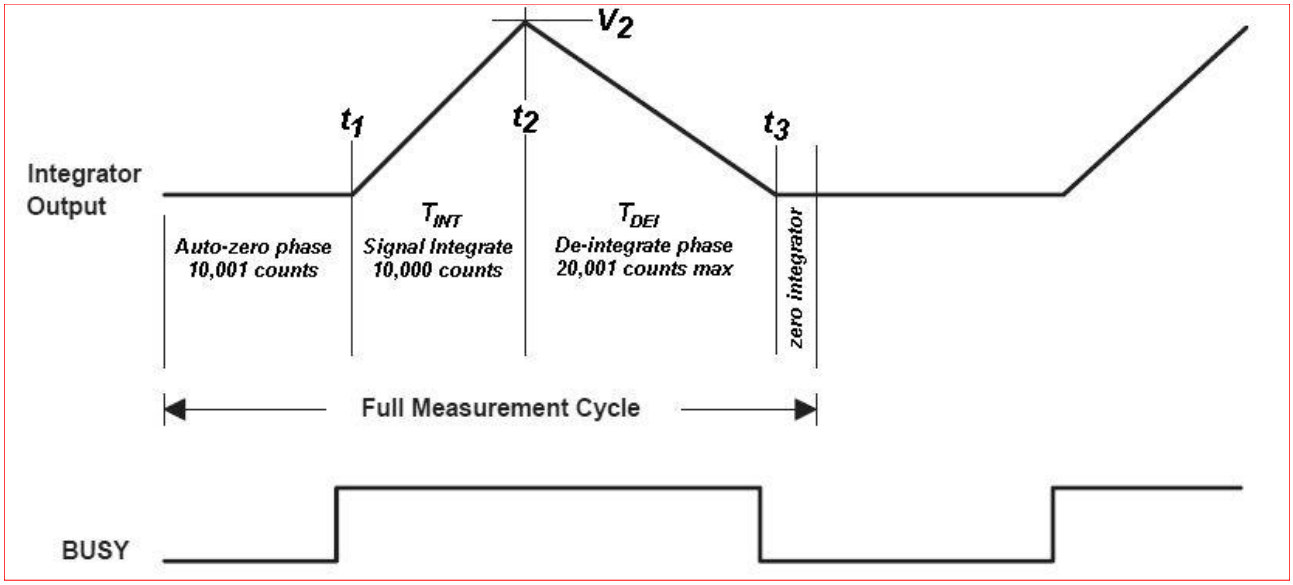



*Figura 2: Conversione a doppia rampa*

dell'integratore. È sufficiente che queste rimangano costanti solo durante ogni ciclo di conversione, cosa sicuramente facile da raggiungere. La figura 2 evidenzia le fasi principali della conversione. All'uscita dell'integratore (pin 4) si avrà il segnale:

$$V_o = \frac{-1}{R_{INT} \cdot C_{INT}} \cdot \int_0^t V_{ID} dt = -\frac{V_{ID} \cdot t}{R_{INT} \cdot C_{INT}} \qquad (1)$$

Questa espressione ha il segno negativo perché l'integratore è invertente, quindi la rampa mostrata in fig. 2 è positiva solo per $V_{ID}$ negativo, per semplicità si indicheranno segni positivi. Come si vede dall'espressione (1), se $V_{ID}$ è costante durante il periodo d'integrazione, l'uscita è una rampa la cui pendenza è proporzionale a $V_{ID}$. La fase d'integrazione ha durata fissa pari a 10.000 cicli di clock, per cui, indicando con TC il periodo del clock:

$$T_{INT} = t2\text{-}t1 = 10.000 \times TC$$

Per fc=100 kHz, TC = 10us e $T_{INT}$ = 100 ms. Dall'espressione (1) si ottiene il valore in corrispondenza al tempo $T_{INT}$ :

$$V_o = V_2 = \frac{V_{ID} \cdot T_{INT}}{R_{INT} \cdot C_{INT}} \qquad (2)$$

Indicando con $T_{DEI}$= t3-t2, per la de-integrate phase si ha:

$$V_2 = \frac{V_{REF} \cdot T_{DEI}}{R_{INT} \cdot C_{INT}} \qquad (3)$$

Questa volta la rampa è a pendenza fissa e durata variabile, contrariamente alla rampa precedente che era a pendenza variabile e durata fissa. Eguagliando le espressioni (2) e (3), si ottiene:

$$V_{ID} = T_{DEI} \cdot \frac{V_{REF}}{T_{INT}} \qquad (4)$$

Si noti che la relazione tra la tensione d'ingresso e il tempo $T_{DEI}$ non dipende più dalla costante di tempo dell'integratore $T_{INT} \cdot C_{INT}$, questo per merito della doppia rampa. Essendo $V_{REF}$ e $T_{INT}$ costanti, si dimostra così che il valore convertito dal segnale d'ingresso $V_{ID}$ è proporzionale al tempo $T_{DEI}$, misurato con il conteggio di $N_C$ cicli di clock effettuato in tale periodo, per cui:

$$T_{DEI} = N_C \cdot T_C = V_{ID} \cdot \frac{T_{INT}}{V_{REF}} = V_{ID} \cdot \frac{10.000 \cdot T_C}{V_{REF}} \Rightarrow N_C = 10.000 \cdot \frac{V_{ID}}{V_{REF}}$$

Il conteggio massimo, corrispondente al fondo scala dello strumento, si ha quando il segnale d'ingresso differenziale $V_{ID}$ è pari al doppio di $V_{REF}$. Nel nostro caso $V_{REF}$=1V per cui il fondo scala è di 2V (±1,9999V). Come si può vedere la durata del ciclo completo di conversione non si svolge in un tempo fisso, ma questa caratteristica è tipica dei convertitori ad integrazione. Un altro svantaggio di questi dispositivi è il tempo di conversione piuttosto elevato: per fc=100kHz si hanno circa 2,5 conversioni al secondo. Il segnale $V_{ID}$ da convertire deve mantenersi costante nel periodo di tempo $T_{INT}$. La figura 3 mostra lo schema a blocchi dei circuiti relativi alla parte digitale del convertitore. Il contatore, attraverso i latch (memorie che congelano il dato da visualizzare) è collegato al display numerico mediante un multiplexer che accende ogni cifra per 200 cicli di clock attraverso i comandi D5÷D1. Per realizzare un DVM a LED occorre un decodificatore esterno che pilota i 7 segmenti del display partendo dal codice BCD dei 4 bit B1÷B8. Le temporizzazioni dei segnali in uscita sono mostrate nella figura seguente. I bit di controllo che sono utili solo al microcontrollore sono lo /STROBE e il RUN/HOLD. Come si vede

SCOPRI TUTTI GLI

# ebook ELETTRONICA

€ 14.64

**10 progetti con i PIC**

€ 7.49

**308 circuiti**

€ 6.49

**Arduino - Il micro-processore per tutti**

€ 6.99

**Come costruirsi un robot**

€ 6.49

**FMEA**

€ 4.49

**La conversione analogico-impulsata**

€ 5.99

**Elettronica e Fotovoltaico**

€ 14.64

**eBook: Basic per PIC**

€ 3.99

**Diventa Maker**

manuali - elettronica - FR - meccanica - strumentazione - programmazione - microcontrollori

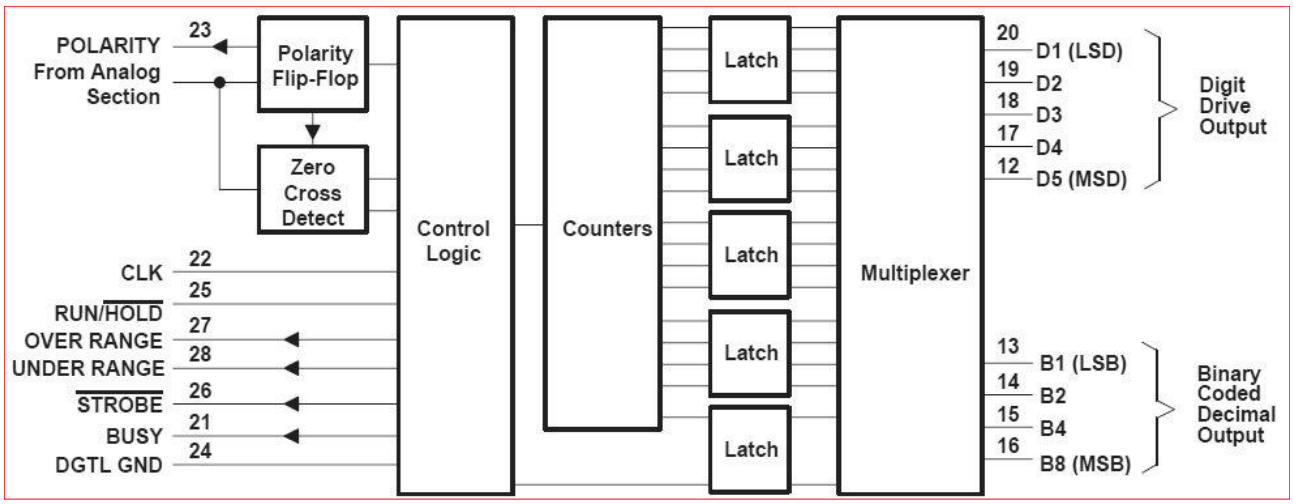



*Figura 3: Sezione digitale del convertitore*

anche dalle temporizzazioni, i cinque impulsi /STROBE avvengono solo a ogni conversione avvenuta, mentre la sequenza dei comandi D5÷D1 si ripete ciclicamente ogni 1000 periodi di clock per il refresh del display, insieme ai relativi digit BCD B1÷B8. La frequenza del clock è generata da un oscillatore esterno, nel nostro caso è un NE555 configurato come multivibratore astabile. La frequenza scelta è di 100kHz, cui corrisponde un periodo d'integrazione del segnale di 100 ms. Questo valore è ottimale sia per eliminare il rumore di rete a 50Hz (T=20ms), poiché si integrano esattamente cinque cicli, sia per le reti a 60Hz, integrando 6 periodi interi. Infatti, nelle misure è sempre presente il rumore indotto dalla rete che è sinusoidale, quindi a valor medio nullo. Integrando su uno o più periodi interi tali disturbi si eliminano completamente.

## Descrizione dello schema

Nelle figure 5 e 6 sono mostrati gli schemi dettagliati del voltmetro e del partitore e selettore di portata a quattro posizioni. Il sistema è alimentato da 6 batterie ricaricabili al NiMH con capacità di 1800mAh, per una tensione nominale di 7.2V. Ma è possibile usare anche altre sorgenti di alimentazione a partire da 5.5V, per esempio 4 pile zinco-carbone da 1.5V. Questo perché è stato usato un regolatore serie low-dropout (a bassa tensione di caduta) LM2940-5 della National Semiconductor. Questo dispositivo non è indispensabile, si può usare anche un comunissimo LM7805, ma in questo caso la tensione minima in ingresso è di 7V, non molto buona per un'alimentazione a batteria giacché si devono usare uno o due elementi in più. La corrente che consuma il voltmetro è di circa 25mA, esclusa l'eventuale retro-illuminazione del display LCD. Questo rende elevata l'autonomia del sistema (72h teoriche). Sempre se si usa un'alimentazione a batteria, occorre un convertitore DC/DC per generare -5V. Questo compito è svolto egregiamente dall'integrato ICL7660 che non utilizza induttori ma due soli condensatori elettrolitici. La tensione in uscita è pari a quella in ingresso, con segno opposto. Si possono usare anche altri sistemi, ma occorre fare attenzione a non superare la tensione massima di 9V. Se occorre

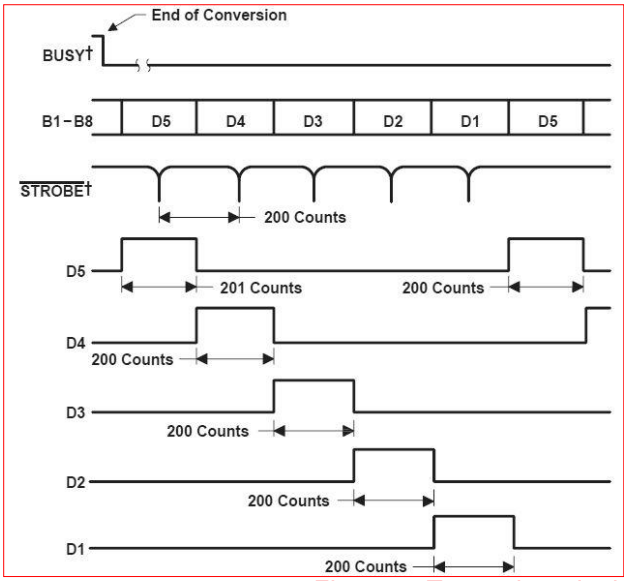



*Figura 4: Temporizzazioni*

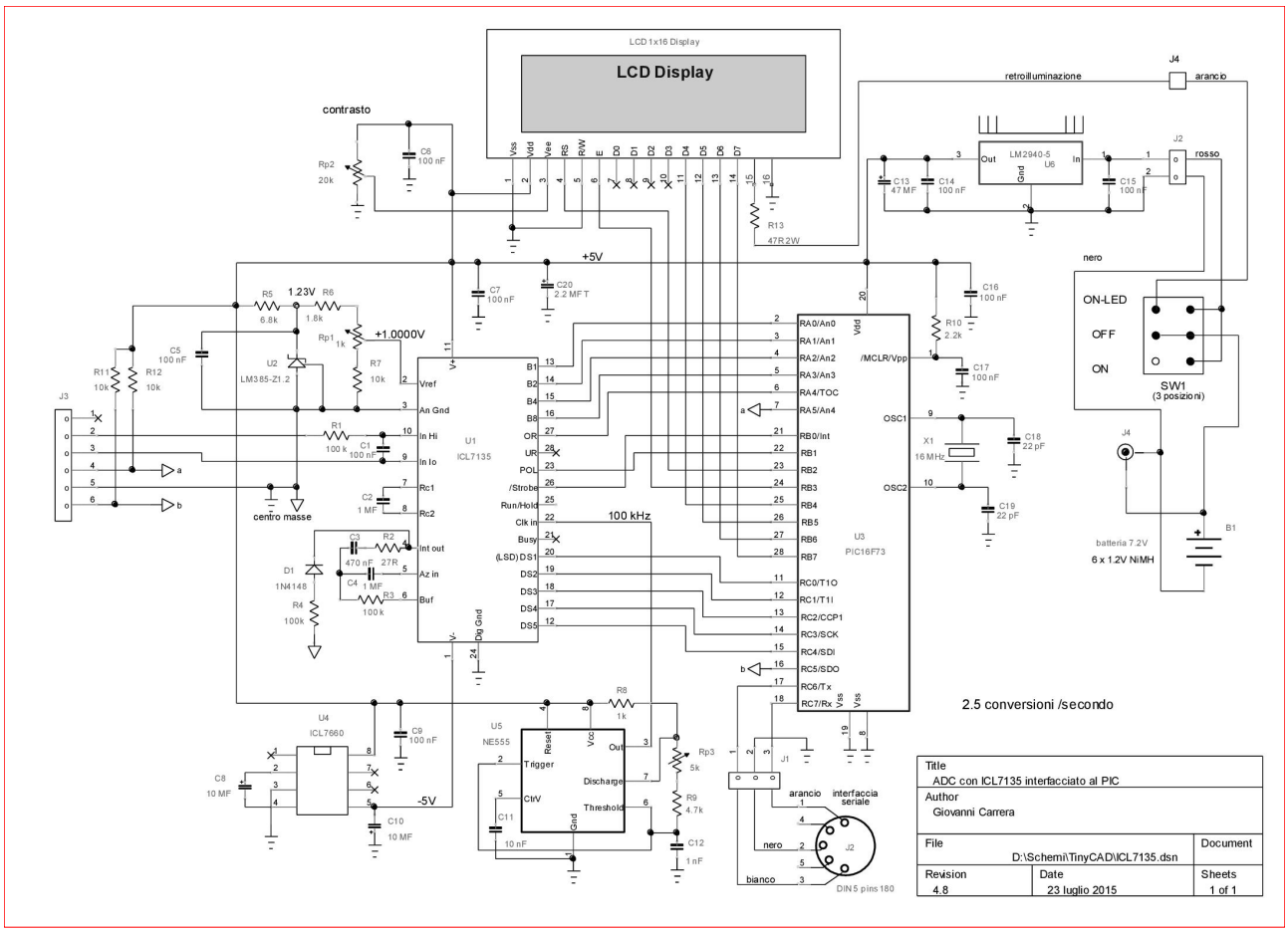
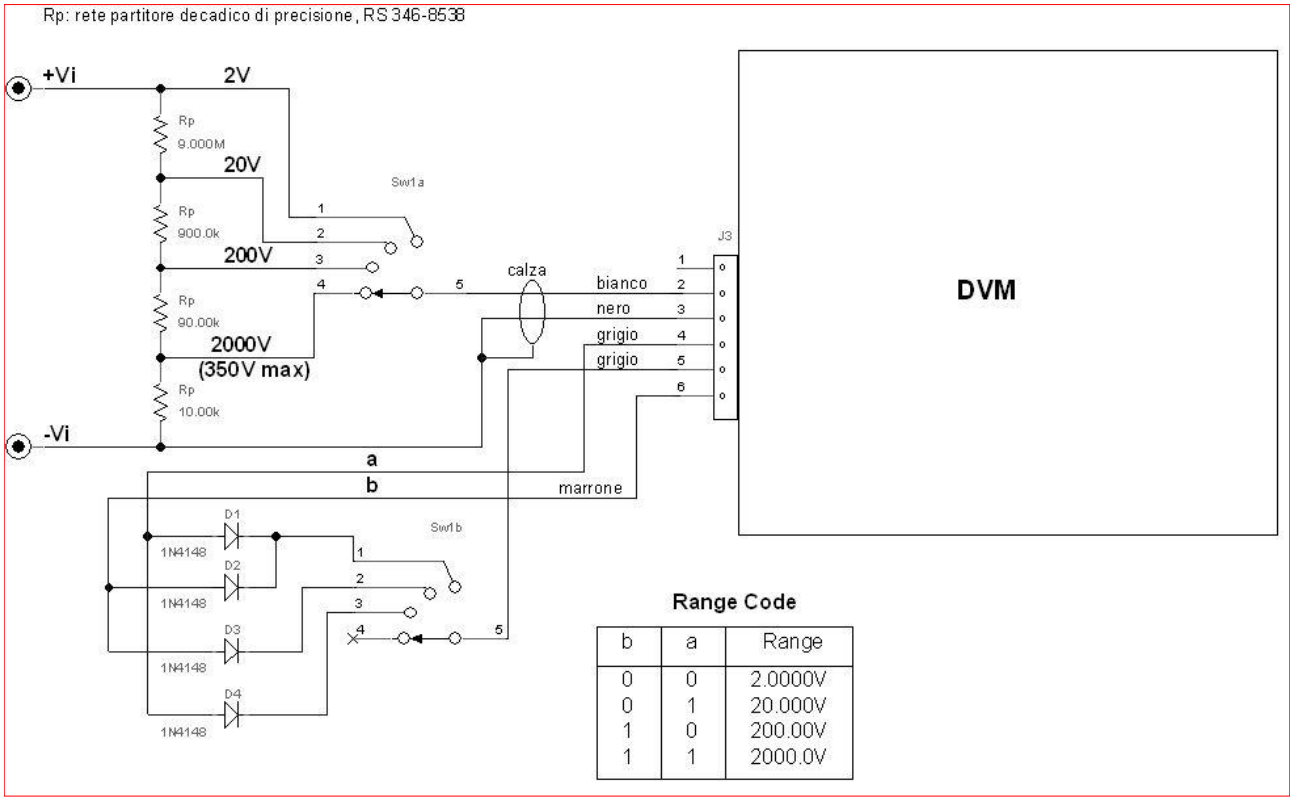



*Figura 5: Schema elettrico del voltmetro digitale*

un'uscita seriale con livelli RS232, si può usare il driver MAX232 che fornisce anche una tensione di circa 8,5V sul pin 6, che si può ridurre con un diodo zener o con un LM79L05. Se si usa un'alimentazione da rete, basta un




| b | a | Range |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 2.0000V |
| 0 | 1 | 20.000V |
| 1 | 0 | 200.00V |
| 1 | 1 | 2000.0V |

*Figura 6a: Il partitore d'ingresso*

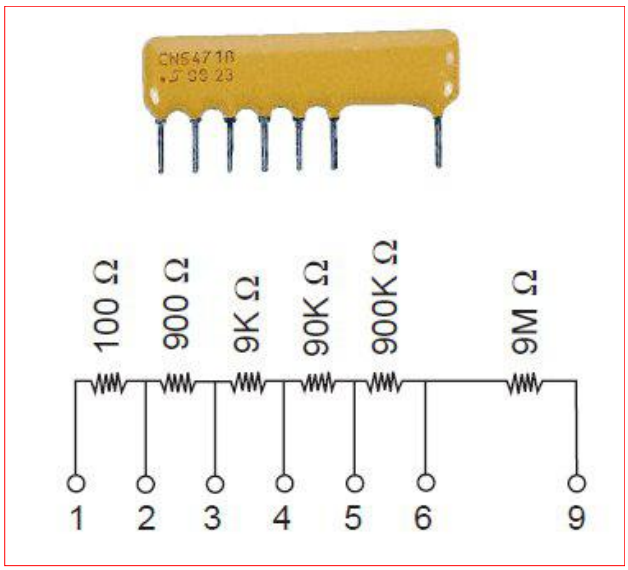



*Figura 6b: Il partitore d'ingresso*

trasformatore 9+9V 2VA con un 7805 e un 79L05. Per quanto riguarda il convertitore ADC, particolare cura deve essere posta nella scelta dei condensatori CREF , CAZ e CINT che nello schema sono indicati rispettivamente con C2, C4 e C3. Essi devono essere a bassa perdita dielettrica, il polipropilene è quello consigliato da Intersil, evitare nel modo più assoluto la ceramica. La sorgente di riferimento usata è il circuito integrato LM385-Z1.2 della National che fornisce una tensione di circa 1.23V con una stabilità termica tipica di 50ppm/°C. Il partitore e il trimmer Rp1 (a 20 giri) servono per fornire al convertitore la VREF = 1,0000V. Questo valore darà una tensione di fondo-scala pari a +/-1,9999V, naturalmente occorrerà tarare il trimmer con un voltmetro di alta precisione. Le resistenze del partitore (R6, R7) e dell'integratore (R3) devono essere ad alta stabilità termica (strato metallico). Particolare cura deve essere posta nel cablaggio delle masse analogica e digitale, che vanno unite in un unico punto. Per la realizzazione si è usata una scheda mille-fori di circa 120x55 mm, cablata con sottili fili con isolante resistente alla temperatura del saldatore. Il display LCD è del tipo HD44780 compatibile, quello usato ha una riga da 16 caratteri, organizzata – come comandi - come 2 righe da 8. Funziona, senza modificare il programma, anche un display da 2 righe da 16 caratteri. Il display LCD è collegato usando solo 4 bit di dato e 2 bit di controllo. In fig. 6a è mostrato lo schema del partitore di ingresso con il selettore del fondo scala. Il selettore è un commutatore a quattro posizioni e tre vie, di cui due usate. Una sezione (SW1a) è usata per il partitore, l'altra (SW1b) per fornire il codice del range al PIC in modo da posizionare correttamente il punto decimale sul display. Particolarissima cura nella scelta delle resistenze del partitore che devono avere un'accuratezza di almeno 0.1% e sono anche valori quasi tutti fuori

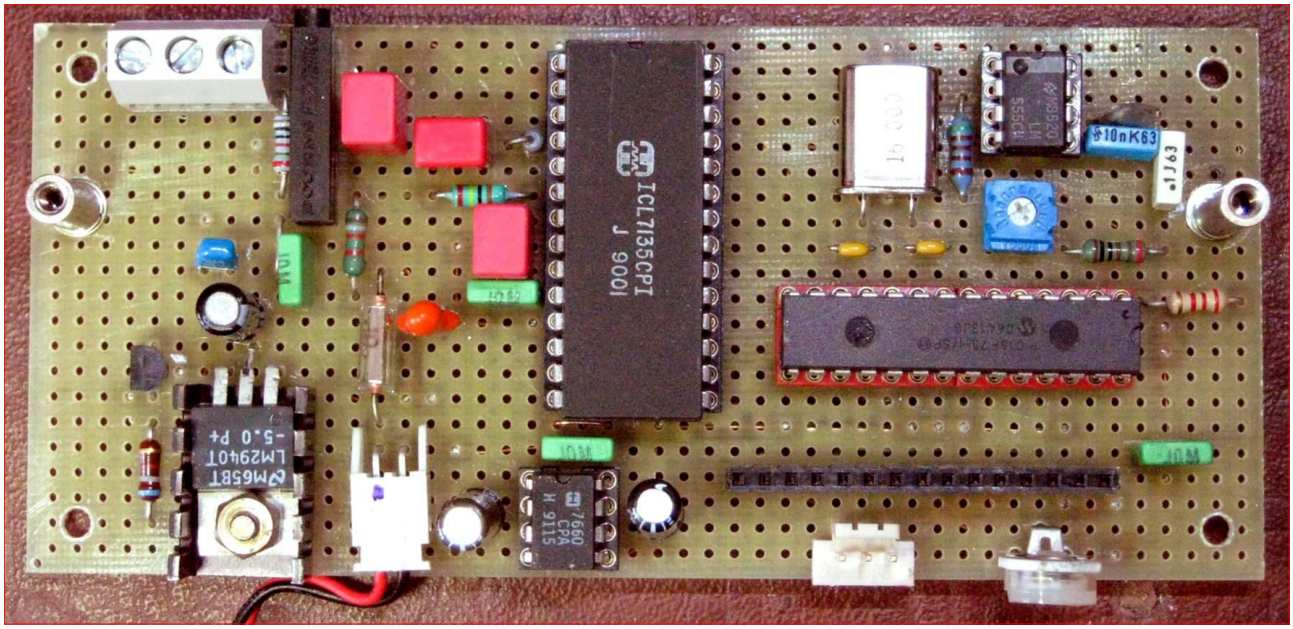


*Figura 7: la disposizione dei componenti sulla scheda millefori*

standard. Per semplificare le cose si è usata una rete di precisione CNS471B di Vishay, rintracciabile da RS Components, con il codice 346-8538 e visibile in fig.6b. Questa rete ha ben 6 decadi di attenuazione, se ne useranno solo quattro, per cui il pin 4 sarà collegato alla quarta posizione del selettore e il pin 1 a −Vi. Si può anche ricorrere a resistenze recuperate da un multimetro guasto di uguale accuratezza. I valori fuori standard possono essere ricavate da combinazioni di resistenze (a strato metallico da +/-1%) poste in serie o in parallelo per arrivare al valore richiesto. Questa soluzione può degradare sensibilmente l'accuratezza tra le varie portate, specie se non si dispone di un ohmetro o un ponte con adeguata precisione. In figura 7 è visibile una foto del prototipo cablato su scheda "millefori". Per mostrare i componenti è stato rimosso il display LCD che è connesso con un pettine a 14 o16 pin.

| I bit di I/O usati per questa applicazione | | |
|---|---|---|
| RA0..3 | input | digit B1..B8 of converter |
| RA4 | input | Over Range |
| RA5 | input | range code a |
| RB0 | input | AD /STROBE (interrupt on ↓) |
| RB1 | input | AD polarity bit |
| RB2 | output | LCD RS control bit |
| RB3 | output | LCD E control bit |
| RB4..7 | output | LCD 4 bit digit (D4..7) |
| RC0 | input | Digit Select 1 (LSD) |
| RC1 | input | Digit Select 2 |
| RC2 | input | Digit Select 3 |
| RC3 | input | Digit Select 4 |
| RC4 | input | Digit Select 5 (MSD) |
| RC5 | input | range code b |
| RC6 | output | serial out |
| RC7 | input | serial in |

## Descrizione del programma

Il programma è stato scritto in linguaggio Pascal usando un potente cross-compiler su PC Windows, il mikroPascal PRO per PIC, reperibile presso www.elettroshop.com. Dal sito www.mikroe.com di mikroElektronika è possibile scaricare gratuitamente una versione completa, ma limitata a soli 2k word di codice prodotto. Naturalmente si può facilmente riscrivere in C il programma. Presso lo stesso sito è possibile scaricare cross-compilatori in Basic, C e Pascal. Il programma è stato commentato in inglese, in modo da

**Routine di interrupt**

```
procedure interrupt;
// RB0 for interrupt on falling edge
begin
  if TestBit(INTCON, INTF) then  // RB0 interrupt occurred
    begin
      case (PORTC And $1F) of  // find the corresponding index
        1: i:=0;// DS1, LSD
        2: i:=1;
        4: i:=2;
        8: i:=3;
       16: i:=4;// DS5, MSD
      end;
      if i=4 then
         begin
            Pol:= TestBit(PORTB,1);// polarity: 1 for positive
            Over:= TestBit(PORTA,4);// 1 for Over range
          end;
      digit[i]:= PORTA And $0F; // store digit
      if (i=0) then datOK:= true;// last digit loaded
      ClearBit(INTCON, INTF); // reset RB0 interrupt flag
    end;
end;
```

*Figura 8: il formato dei dati visualizzati sul display*

renderlo comprensibile a tutti. Il programma utilizza l'interrupt da RB0 (fronte di discesa), collegato all'uscita /STROBE dell'ADC. Se l'interrupt è provocato dallo /STROBE, si deve ricavare l'indice "i" che si ricava dai digit drive DS1÷DS5. Come è evidente dai diagrammi di figura 4, uno solo di questi è a logica alta. Essendo stati collegati ai primi 5 bit della PortaC, come visibile nella tabella, sono possibili i soli numeri potenze di due: 1, 2, 4, 8, 16. Il DS1 abilita il digit meno significativo (LSD) mentre DS5 abilita il digit più significativo (MSD). Se DS5=1, l'ADC ha appena finito la conversione, quindi legge anche la polarità (1= positivo) e OverRange (1= Over), quindi salva il digit nel vettore "digit" di 5 byte. Se i=0 si è salvato l'ultimo digit, quello meno significativo, quindi il dato è ultimato, si alza il flag "datOK" per avvisare il programma principale che il dato è disponibile e pronto per essere formattato. Esso viene trasformato in stringa e viene posto il punto decimale nella giusta posizione, secondo il fondo-scala indicato dal range code, come si vede nella tabella in figura 6. Il fondo-scala viene visualizzato nella seconda metà del display, nella prima metà viene visualizzato il dato preceduto dal segno e seguito da "V". Ad esempio, per un ingresso di 0.0001V e un range di 2V, sul display LCD appare cio che è visibile in figura 8. Questo accorgimento permette di risparmiare le scritte del selettore di portata sul pannello frontale dello strumento. La stringa del solo dato viene trasmessa anche dall'UART, a 9600 baud seguita dai caratteri CR e LF. Nel caso fosse importante avere i dati a intervalli di tempo regolari, occorre modificare sensibilmente il programma. Occorre usare un secondo interrupt da uno dei timer del PIC, e pilotare il comando Run/Hold del convertitore con

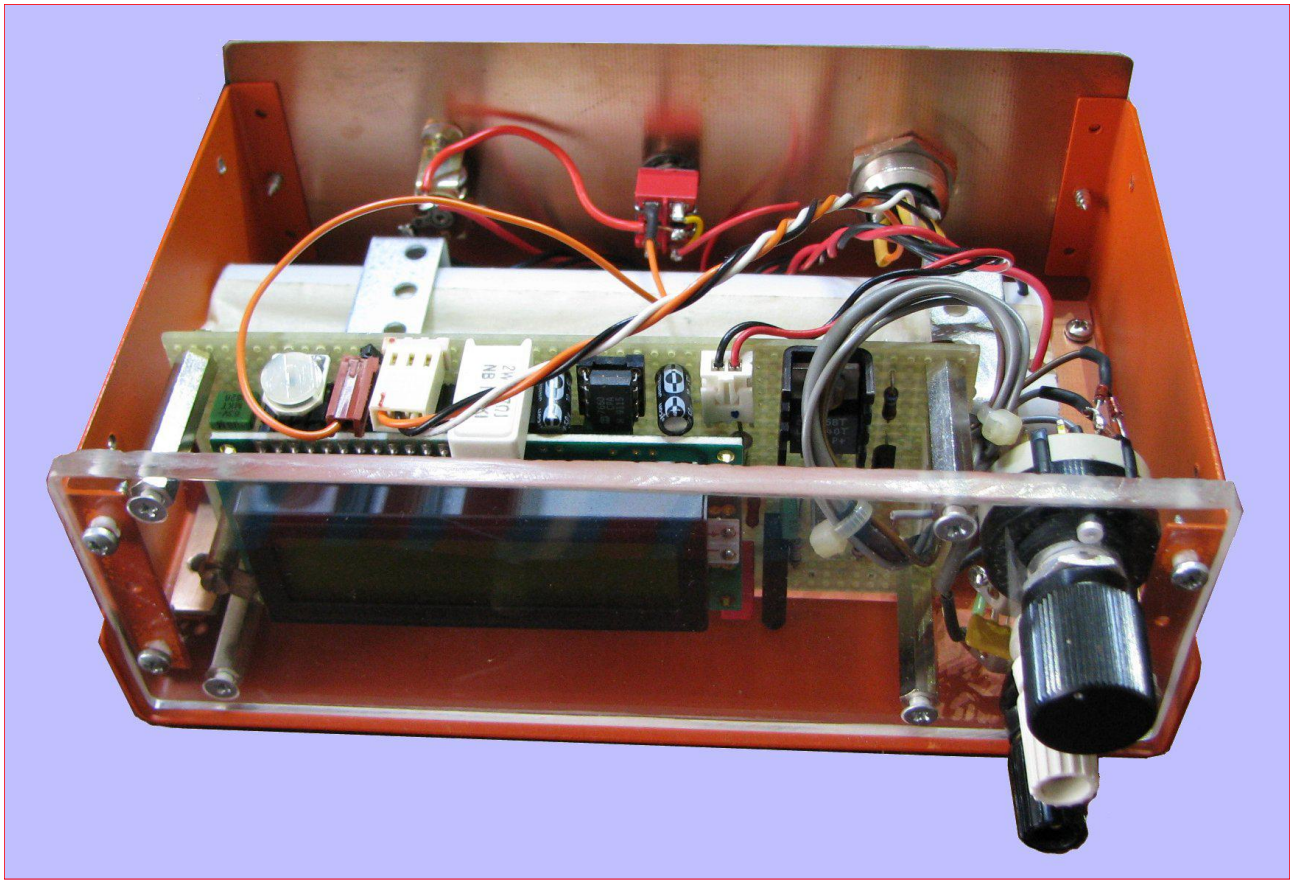
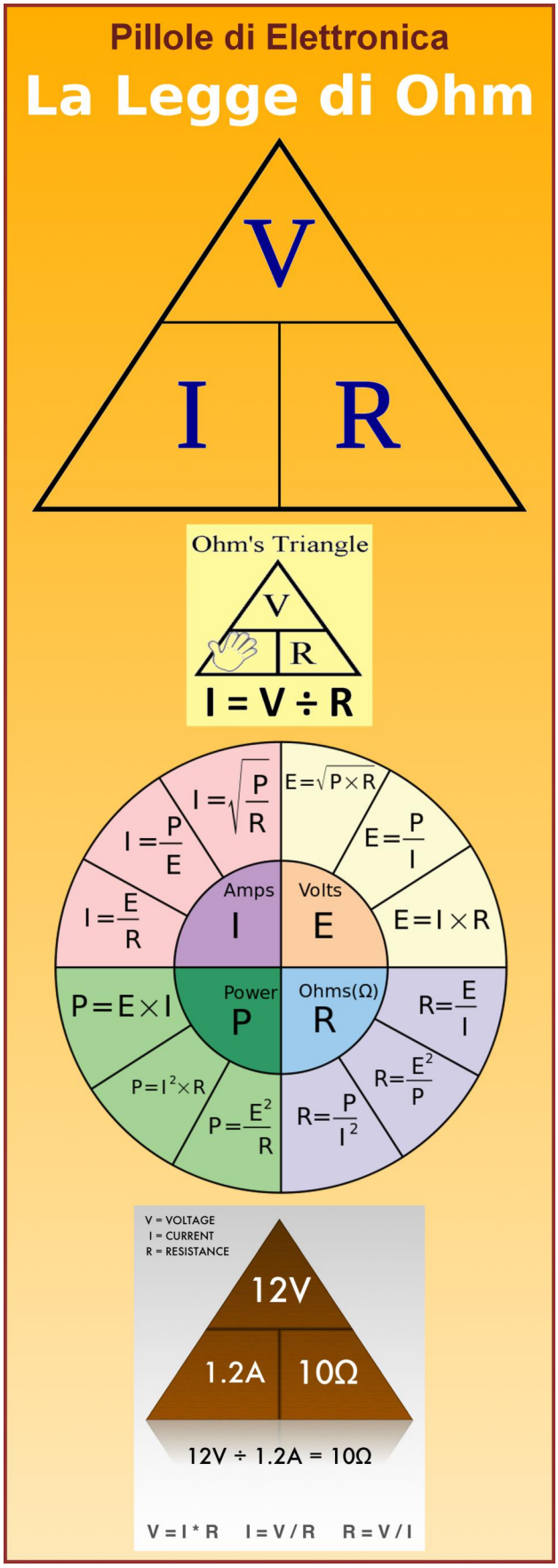


*Figura 9: la realizzazione pratica dello strumento*

l'unico bit del PIC disponibile che è RC6. In questo caso si fa iniziare la conversione a tempi regolari e, quindi si ottiene un campionamento corretto dell'ingresso analogico. Inizialmente la prima versione del programma era più semplice, avendo seguito quanto descritto nell'Application Note AN785 della Microchip (che utilizza un… Intel 8080 !). In questa applicazione si usava solo il DS5 per identificare il digit MSD, i successivi quattro /STROBE identificavano gli altri digit. Questa tecnica non ha funzionato bene poiché veniva letto correttamente solo il digit MSD, forse a causa di impulsi spuri sullo /STROBE. Sono stati, quindi, cablati anche gli altri 4 DS e si è modificato il programma, arrivando alla versione descritta.




Il cross-compilatore mikroPascal PRO dispone di una vasta libreria. Nel programma sono state usate alcune funzioni di libreria per inizializzare e pilotare il display LCD e la UART del PIC. Per il display LCD vanno usate le funzioni/procedure a 4 bit. Nella foto seguente si vede la realizzazione dello strumento cui è stato rimosso il pannello superiore.

Dietro alla scheda è collocato il pacchetto delle batterie, ricaricabili mediante l'apposito connettore con un caricabatteria esterno. Il pannello frontale è stato realizzato in acrilico, si nota il commutatore per selezionare il fondo scala e le due prese a banana da 4 mm, per i puntali. Dietro si vede l'interruttore a tre posizioni (off nella posizione centrale) per scegliere o eliminare la retroilluminazione del display. Il suo uso riduce sensibilmente l'autonomia ed è necessaria solo in ambienti poco illuminati. Sul retro è visibile anche il connettore DIN per l'uscita seriale TTL.

## Riferimenti bibliografici


1. Datasheet ICL7135, Intersil FN3093.4, August 28, 2007.
2. Datasheet ICL7135, Texas Instruments SLAS074D, December 1986, revised september 2003
3. Microchip AN785, "Simplify A/D Converter Interface with Software", Gary Grandbois and Wes Freeman, DS00785A, 2002

**Listato del programma PIC16F73.mpas**

```
// PIC16F73 controls an ICL7135, 4 digit 1/2 ADC
// read digit under interrupt routine
// interrupt storage version
// I/O CONFIGURATION:
// RA0..3    input    digit B1..B8 of converter
// RA4       input    Over Range
// RA5       input    range code a
// RB0       input    AD /STROBE (interrupt on -_ )
// RB1       input    AD polarity bit
// RB2       output   LCD RS control bit
// RB3       output   LCD E control bit
// RB4..7    output   LCD 4 bit digit (D4..7)
// RC0       input    Digit Select 1 (LSD)
// RC1       input    Digit Select 2
// RC2       input    Digit Select 3
// RC3       input    Digit Select 4
// RC4       input    Digit Select 5 (MSD)
// RC5       input    range code b
// RC6       output   serial out
// RC7       input    serial in
// MCU Xtal: 16.00 MHz
// MikroPascal Pro 5 version - Giovanni Carrera

program PIC7135;
type
  sdat= string[7];
const
  CR: char = 13;
  LF: char = 10;
  ac: char = 48; // ascii conversion
var
  digit: array[0..4] of byte;
  datstri: sdat;
  datOK: boolean;
  i, Pol, Over, range: byte;

// LCD module connections
var LCD_RS : sbit  at RB2_bit;
var LCD_EN : sbit  at RB3_bit;
var LCD_D4 : sbit  at RB4_bit;
var LCD_D5 : sbit  at RB5_bit;
var LCD_D6 : sbit  at RB6_bit;
var LCD_D7 : sbit  at RB7_bit;

var LCD_RS_Direction : sbit at TRISB2_bit;
var LCD_EN_Direction : sbit at TRISB3_bit;
var LCD_D4_Direction : sbit at TRISB4_bit;
var LCD_D5_Direction : sbit at TRISB5_bit;
var LCD_D6_Direction : sbit at TRISB6_bit;
var LCD_D7_Direction : sbit at TRISB7_bit;
// End LCD module connections
```

```
procedure interrupt;
// RB0 for interrupt on falling edge
begin
  if TestBit(INTCON, INTF) then  // RB0 interrupt occurred
    begin
      case (PORTC And $1F) of  // find the corresponding index
        1: i:=0;// DS1, LSD
        2: i:=1;
        4: i:=2;
        8: i:=3;
        16: i:=4;// DS5, MSD
      end;
      if i=4 then
         begin
            Pol:= TestBit(PORTB,1);// polarity: 1 for positive
            Over:= TestBit(PORTA,4);// 1 for Over range
          end;
      digit[i]:= PORTA And $0F; // store digit
      if (i=0) then datOK:= true;// last digit loaded
      ClearBit(INTCON, INTF); // reset RB0 interrupt flag
    end;
end;

procedure IOinit;
// initialize I/O
begin
  ADCON1:=$06;{PortA : Digital I/O}
  TRISA:= $3F;{PORTA bits 0..5 are inputs}
  Lcd_Init(); // Initialize LCD
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
  Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Cursor off
  TRISB:= $03;{PORTB bits 0,1 are inputs, all other outputs}
  TRISC:= $BF;{PORTC bit 6 output, all other inputs}
  UART1_Init(9600);
  Delay_ms(100);
  ClearBit(OPTION_REG, INTEDG); // Interrupt on falling edge of RB0
  ClearBit(INTCON, INTF);// reset RB0 interrupt flag
  SetBit(INTCON, INTE);//  Enables the RB0/INT external interrupt
  SetBit(INTCON, GIE); // Enables global interrupt
  datOK:= false;
  range:= 0;
  i:= 0;
end;

begin // main program
  IOinit;
  Lcd_Out(1, 1, 'GCarDVM'); // Print text to LCD
  Delay_ms(1000);
  UART1_Write_Text('GCar PIC7135 DVM');// print message
  UART1_Write(CR); // Usart_Write(CR & LF);
  UART1_Write(LF);
  Delay_ms(500);
  Lcd_Out(1, 8, 'V'); // Print text to LCD
  while true Do //  endless loop
```

```
    begin
      if datOK then  // data available
        begin
          datOK:= false;// digit loading terminated
          if (Over =0) then  // data is valid
            begin // data conversion from BCD to ascii
              range.0:=PortA.5;// read range code
              range.1:=PortC.5;
              datstri:= '       '; // initialize string
              if (Pol=1) then datstri[0]:= '+' else datstri[0]:= '-'; // sign
              datstri[1]:= Chr(digit[4]+ ac); // MSDigit converted to Ascii
              if range=0 then     // 2V FS
                begin
                  datstri[2]:= Chr(46); // decimal point
                  datstri[3]:= Chr(digit[3]+ ac);
                  datstri[4]:= Chr(digit[2]+ ac);
                  datstri[5]:= Chr(digit[1]+ ac);
                  Lcd_Out(2, 2, '2.0000V'); // Print range to LCD
                end;
              if range=1 then     // 20V FS
                begin
                  datstri[2]:= Chr(digit[3]+ ac);
                  datstri[3]:= Chr(46); // decimal point
                  datstri[4]:= Chr(digit[2]+ ac);
                  datstri[5]:= Chr(digit[1]+ ac);
                  Lcd_Out(2, 2, '20.000V'); // Print range to LCD
                end;
              if range=2 then     // 200V FS
                begin
                  datstri[2]:= Chr(digit[3]+ ac);
                  datstri[3]:= Chr(digit[2]+ ac);
                  datstri[4]:= Chr(46); // decimal point
                  datstri[5]:= Chr(digit[1]+ ac);
                  Lcd_Out(2, 2, '200.00V'); // Print range to LCD
                end;
              if range=3 then     // 2000V FS
                begin
                  datstri[2]:= Chr(digit[3]+ ac);
                  datstri[3]:= Chr(digit[2]+ ac);
                  datstri[4]:= Chr(digit[1]+ ac);
                  datstri[5]:= Chr(46); // decimal point
                  Lcd_Out(2, 2, '2000.0V'); // Print range to LCD
                end;
              datstri[6]:= Chr(digit[0]+ ac);
            end
          else datstri:= 'OVER   '; // in case of Over range
          Lcd_Out(1, 1,datstri); // Print data to LCD
          UART1_Write_Text(datstri);// send data
          UART1_Write(CR); // Usart_Write(CR & LF);
          UART1_Write(LF);
        end;
    end;{end of endless loop}
end.
```

**Eseguibile da caricare sul PIC**

```
:02000000AE2927
:10000800FF00030E8301B4000A08B8008A017008D3
:10001800A0000408A100F0018B1C14280130F00096
:10002800700803195D281F300705F1007108013AAF
:10003800031D2028AD013C287108023A031D27281A
:100048000130AD003C287108043A031D2E28023007
:10005800AD003C287108083A031D35280330AD006F
:100068003C287108103A031D3C280430AD003C2898
:100078002D08043A031D4E28F001861C452801303E
:10008800F0007008A200F001051E4C280130F000B5
:100098007008B3002D082E3E84000F300505F000CF
:1000A800700880002D08003A031D5C28FF30B50059
:1000B8008B102008F0002108840038088A00340ECC
:0800C8008300FF0E7F0E09000A
:0A00D000000000000000000008001E
:1000DA00423083120313FD00FD0B71280000080053
:1000EA001D3083120313FC009130FD00FD0B7B28A9
:0600FA00FC0B7B2808004E
:1001000083120313CF1B86288613872886174F1B5D
:100110008B2806138C280617CF1A90288612912850
:1001200086164F1A9528061296280616 2C189A2815
:1001300006159B280611861568208611CF19A2285E
:100140008613A32886174F19A7280613A828061771
:10015000CF18AC288612AD2886164F18B128061283
:10016000B22806162C18B6280615B72806118615CB
:10017000682086112C1CBE287520BF286D20080021
:1001800083160313981690308312980083168717EE
:10019000071383128C1ECF281A08F000C928080004
:1001A000831203132C104E08CF0080202C1408005B
:1001B000831603139818DE280000D82883124E08EF
:0401C000990008009A
:1001C40083160313861106110612861206138613 6C
:1001D40083128611061186130613861206127520E1
:1001E40075207520861606168615682086117520DA
:1001F40086156820861175208615682086117520 5D
:10020400061286156820861175208615682086 11C9
:10021400861286178615682086117520861306 16A1
:10022400861568208611061286156820861175 20A9
:10023400861568208611061686156820861175 2095
:10024400061286156820861186170617861606 1666
:0C02540086156820861175202C14080007
:10026000831203134A08013A031D39298030CA005A
:1002700050294A08023A031D4029C030CA005029BB
:100280004A08033A031D47299430CA0050294A08F6
:10029000043A031D4E29D430CA0050298030CA00C8
:1002A0004B03F0004A08F0077008CA007008CF003E
:1002B00080202C10CD014D084C0784000008003A26
:1002C00003196A294D084C0784000008CE00D0208D
:0802D000CD0A5B292C14080083
:1002D8000630831603139F003F308500E22001306B
:1002E800CF0080200C30CF0080200330831686009A
:1002F800BF308700673099001815C0200330FB0015
:100308000830FC007730FD00FD0B8829FC0B88299C
:10031800FB0B8829831601138B100B168B1783127E
:08032800B501AB01AD010800B5
:1003300083120313CB014A0884000008CC004C0848
:10034000003A0319AD294C08CE00D820CB0A4B083F
:0C0350004A0784000008CC009F29080028
:10035C006C210130CA000130CB004730B90043306A
:10036C00BA006130BB007230BC004430BD00563066
:10037C00BE004D30BF00C0013930CC0030211530EB
:10038C00FB004B30FC00BE30FD00FD0BCB29FC0B01
:10039C00CB29FB0BCB2900004730B9004330BA0006
:1003AC006130BB007230BC002030BD005030BE004C
:1003BC004930BF004330C0003730C1003130C2007B
:1003CC003330C3003530C4002030C5004430C60083
:1003DC005630C7004D30C800C9013930CA009821C9
:1003EC000D30CE00D8200A30CE00D8200B30FB00C8
:1003FC002630FC005D30FD00FD0B022AFC0B022AAE
:10040C00FB0B022A000000000130CA000830CB00B0
:10041C005630B900BA013930CC00302135080319F7
:10042C00142BB5013308003A031DF52A851A202A2E
:10043C002B10212A2B14871A252AAB10262AAB1431
:10044C002030A3002030A4002030A5002030A600CE
:10045C002030A7002030A8002030A900AA012208D3
:10046C00013A031D3C2A2B30A3003E2A2D30A30059
:10047C0030303207F0007008A4002B08003A031D3E
:10048C006E2A2E30A50030303107F0007008A6001F
:10049C0030303007F0007008A70030302F07F00024
:1004AC007008A8000230CA000230CB003230B9000C
:1004BC002E30BA003030BB003030BC003030BD00C4
:1004CC003030BE005630BF00C0013930CC00302176
:1004DC002B08013A031D992A30303107F0007008BF
:1004EC00A5002E30A60030303007F0007008A700B1
:1004FC0030302F07F0007008A8000230CA0002301C
:10050C00CB003230B9003030BA002E30BB00303066
:10051C00BC003030BD003030BE005630BF00C001D2
:10052C003930CC0030212B08023A031DC42A30305C
:10053C003107F0007008A50030303007F00070086B
:10054C00A6002E30A70030302F07F0007008A8004E
:10055C000230CA000230CB003230B9003030BA0061
:10056C003030BB002E30BC003030BD003030BE000F
:10057C005630BF00C0013930CC0030212B08033A73
:10058C00031DEF2A30303107F0007008A500303021
:10059C003007F0007008A60030302F07F00070080C
:1005AC00A7002E30A8000230CA000230CB00323037
:1005BC00B9003030BA003030BB003030BC002E30C7
:1005CC00BD003030BE005630BF00C0013930CC0009
:1005DC00302130302E07F0007008A900042B4F306A
:1005EC00A3005630A4004530A5005230A6002030A0
:1005FC00A7002030A8002030A900AA010130CA00B1
:10060C000130CB002330CC0030212330CA0098219C
:10061C000D30CE00D8200A30CE00D820142A152B4D
:02400E005A0056
:00000001FF
```

NEW!

bpi

NEW!

€ 49,00

**Banana PI - Single Board Computer Open Source**

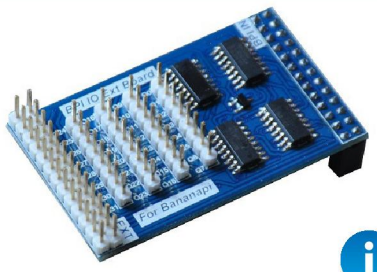
€ 8.90

**Box Contenitore Nero per Banana PI**

€ 8,00

**Alimentatore 5V 2A per Banana PI**

€ 11,00



**Scheda espansione IO per Banana PI**

€ 7,50

**Espansione WiFi tramite USB per Banana PI**

## guarda il video!

I prezzi si intendono IVA esclusa

**BananaPI la nuova piattaforma hardware Open Source!**

# REALIZZAZIONE DI UNA LUCE STROBOSCOPICA CON ARDUINO

di Giuseppe Silano

*Lo scopo dell'articolo è guidare il lettore nella realizzazione di una luce stroboscopica con Arduino. Si tratta di un progetto semplice, che fa uso di pochi elementi (LED, resistenze, bottoni, e naturalmente Arduino), ma che espone in dettaglio tutti i passi che riguardano la realizzazione di un progetto con un microcontrollore: dall'idea, passando per lo schema circuitale, fino all'implementazione del software. Ampio sguardo, inoltre, viene dato anche alle uscite che il sistema di controllo mette a disposizione (digitali, analogiche e PWM) capendo, attraverso il progetto, quando è necessario utilizzare l'una o l'altra.*

Arduino è una nota scheda elettronica, per meglio dire un sistema di controllo, alla ribalta negli ultimi anni per la sua duttilità e facilità di utilizzo, tant'è vero che molte aziende e università lo utilizzano per tutto quello che è il discorso prototipizzazione rapida. Le caratteristiche che lo hanno reso vincente, rispetto ai competitor presenti sul mercato, sono da ricercare nell'essere Open Source: sia l'ambiente di sviluppo che il software di corredo, come anche lo stesso schema hardware, sono liberi ed aperti a tutti, e dal costo irrisorio. Tali sono le ragioni che ne hanno reso il microcontrollore più utilizzato per scopi hobbistici.

## L'idea alla base del progetto

Chiarito a sommi capi cosa sia Arduino, per chi ancora non lo conoscesse, passiamo al vivo dell'articolo illustrando l'idea alla base del progetto, tanto semplice quanto ingegnoso. Tre LED (Light Emitting Diode, Diodi ad Emissione di Luce), di colore rosso, verde e blu, vengono utilizzati per generare una luce stroboscopica impiegata in molti ambiti lavorativi, e non esclusivamente per scopi ludici. Ad esempio, le luci stroboscopiche trovano utilizzo nell'ambito subacqueo, nell'ancoraggio delle imbarcazioni, negli antifurti, e nei sistemi di navigazione. La luce può essere generata da una semplice lampadina, che si accende e spegne a un intervallo di tempo prestabilito e ravvicinato, oppure da una scarica elettrica attraverso un tubo contenente gas (esattamente come il lampo di un flash elettronico).

## Lo spettro della luce

A questo punto, una domanda sorge spontanea: perché utilizzare tre LED per la generazione di una luce stroboscopica? Come possono i tre colori (rosso, verde, e blu) generare una luce bianca? La spiegazione è molto semplice, deriva

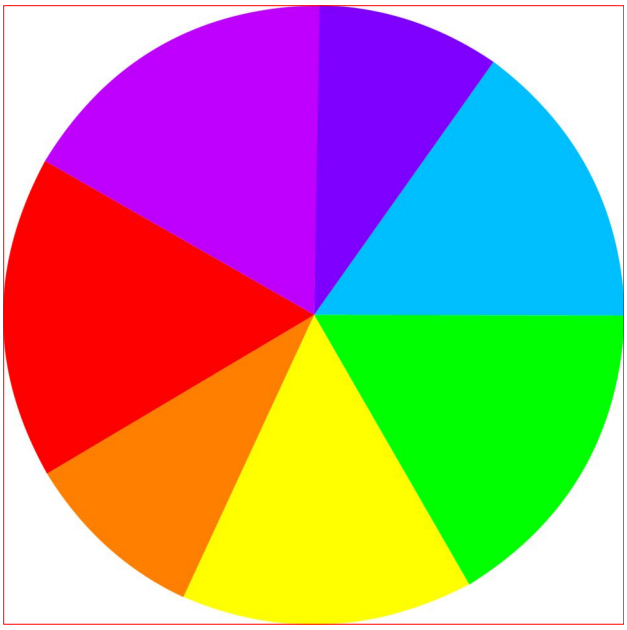


*Figura 1: Disco di Newton.*

dall'interpretazione della luce nella teoria elettromagnetica, il cui padre fondatore è James Clerk Maxwell, cosa già discussa in parte da Newton nel suo trattato sull'ottica, e con il noto disco di Newton (Figura 1). Maxwell sosteneva che le onde luminose (la luce ha una doppia natura: corpuscolare e ondulatoria) fossero di natura elettromagnetica, cosa poi dimostratasi vera grazie alla

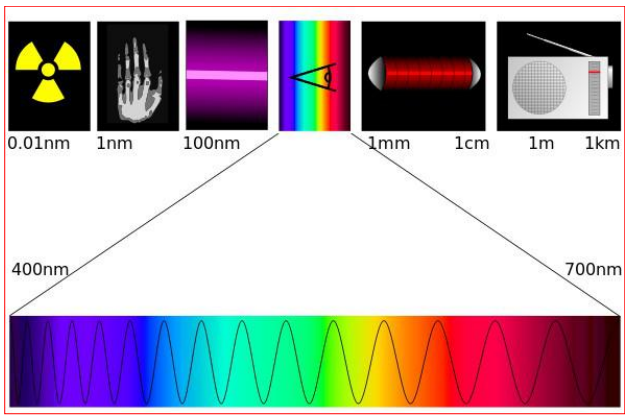



*Figura 2: Spettro della luce.*

formulazione di equazioni, dette appunto, equazioni di Maxwell. Sulla scia di questa teoria la luce è una porzione dello spettro elettromagnetico (l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche) compresa approssimativamente tra i 400 e i 700 nanometri (nm), il cosiddetto spettro visibile, percepito dall'occhio umano nella gamma di colori che varia tra il rosso e il violetto (Figura 2). È possibile, utilizzando il processo inverso, partire dai tre colori basici (rosso, verde, e blu) per generare luce bianca (Figura 3), lo stesso principio adoperato anche dai videoproiettori. In sintesi, si è preferito comporre la luce, piuttosto che utilizzare un LED a luce bianca, per il valore aggiunto che la conoscenza della composizione della luce, e la teoria elettromagnetica, fornisce.

## I componenti e lo schema circuitale

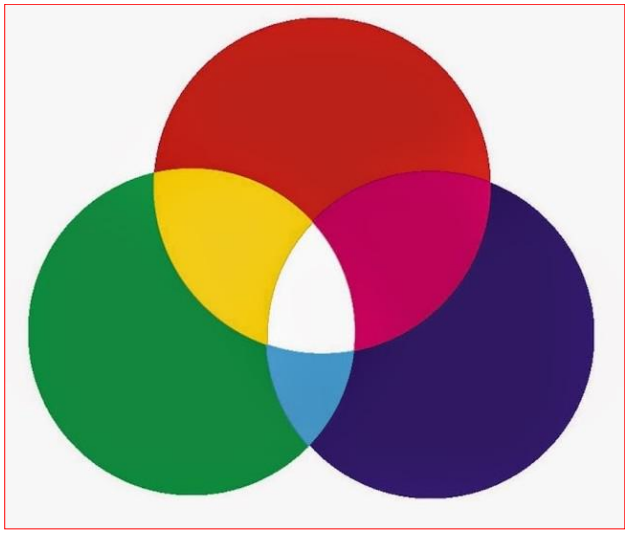


*Figura 3: Combinazioni dei colori.*

```
Elenco componenti

R1,R2,R3    220 Ω  1/4 W 5%
R4          10 KΩ  1/4 W 5%
3 LED       3 mm,
            rosso, verde, blu
Interr.     Interrruottore a
            quattro pin
Microntr.   Arduino UNO
```

Compresi i principi che sono alla base del progetto, affrontiamo nel dettaglio gli aspetti realizzativi, prima fra tutti i componenti utilizzati allo scopo. Le resistenze (R1, R2, R3 e R4) sono fondamentali per l'accessione dei LED, e la lettura dell'ingresso: la pressione di un bottone consente di decrementare l'intervallo temporale che separa l'accensione dallo spegnimento dei LED. L'aggiunta di un interruttore consente non solo di vedere con mano come la diminuzione del tempo influisca sul lampeggio, ma consente anche di capire come gestire gli interrupt in Arduino, conseguentemente quando vi è la necessità di acquisire l'informazione con un interrupt e non con un normale ingresso digitale. In Figura 4 e 5 sono rappresentati rispettivamente lo schema elettrico e lo schema dei collegamenti sulla breadboard. Infine, il sistema finale, alimentato con il computer via cavo USB (Universal Serial Bus, Bus Seriale Universale), è riportato in Figura 6. Prima di passare alla fase successiva, in cui sarà descritto il comparto software, il consiglio è di stare attenti durante il montaggio dei LED. Infatti, se anodo e catodo (rispettivamente polo positivo e negativo) vengono scambiati, il LED non si accenderà, perché il diodo sarà polarizzato inversamente. È facile distinguere quale dei due terminali sia il catodo e quale l'anodo, il primo è più lungo del secondo (Figura 7).

## Il software di controllo

In questa sezione andremo a

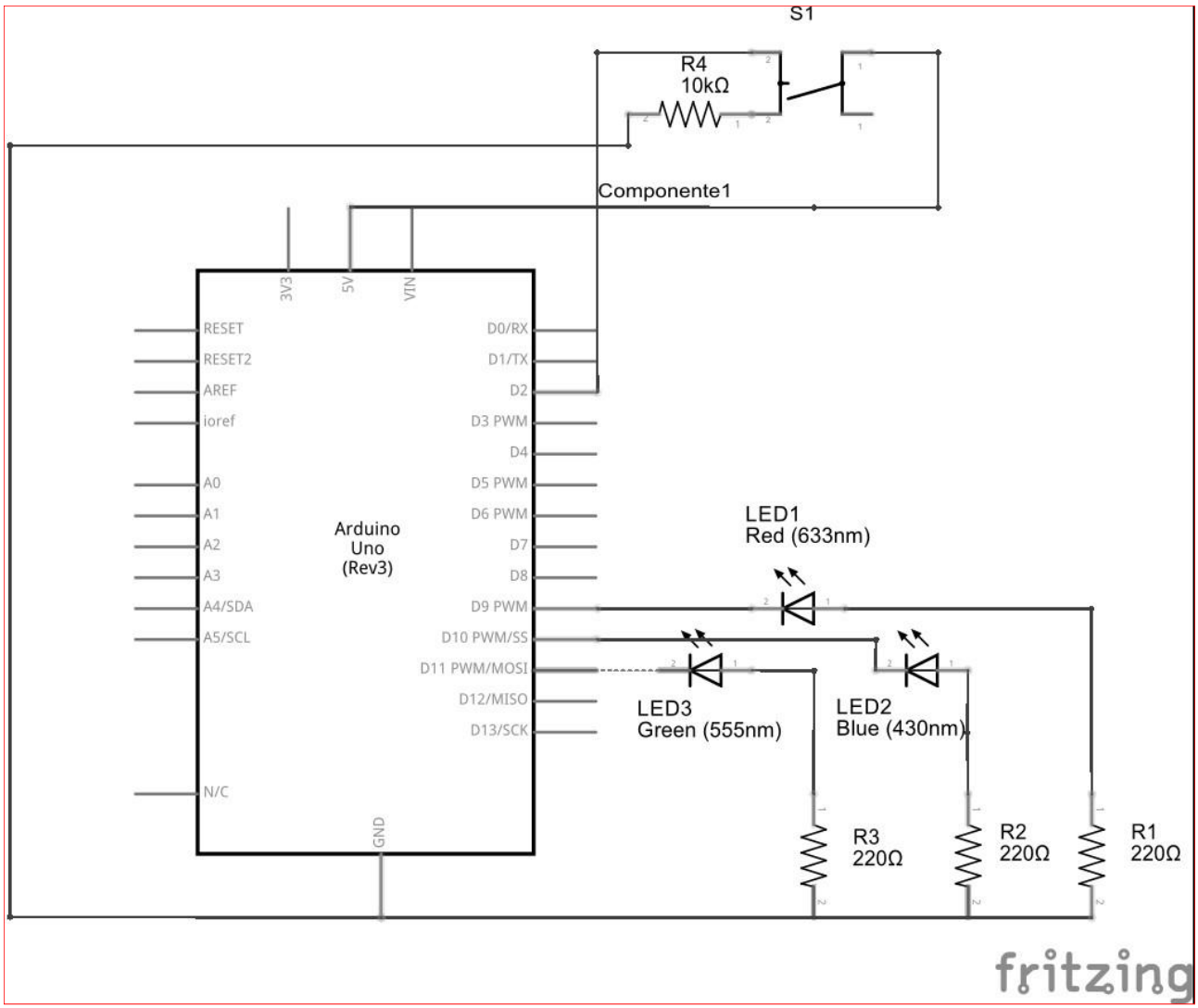



*Figura 4: Schema Elettrico.*

descrivere il codice implementato per Arduino (in allegato all'articolo), entreremo nel dettaglio spiegandone ogni sua parte, con particolare attenzione alla gestione degli interrupt. In Figura 8 è riportato il diagramma di flusso. Come sapranno i tanti che hanno già utilizzato questo magnifico dispositivo, ma che ribadiamo per completezza, nella prima parte del codice (Listato 1) vengono definite le variabili globali, quelle che hanno visibilità all'interno di tutto il programma, e che possono essere gestiste da funzioni esterne. In poche parole, si dichiarano in questa sezione le variabili di cui vogliamo conservarne lo stato, ed eventualmente agire sulle stesse, operazione fondamentale se non si vuole perderne il contenuto alla prossima sequenza di istruzioni cicliche

**Listato 1**

```
int time=1000;

#define CONST 20
#define PIN_2 0
```

**Listato 2**

```
void setup(){

      pinMode(9, OUTPUT);
      pinMode(10, OUTPUT);
      pinMode(11, OUTPUT);

      attachInterrupt(PIN_2,
decrease, CHANGE);

      Serial.begin(9600);
      while (!Serial) {
                  ;
      }
}
```

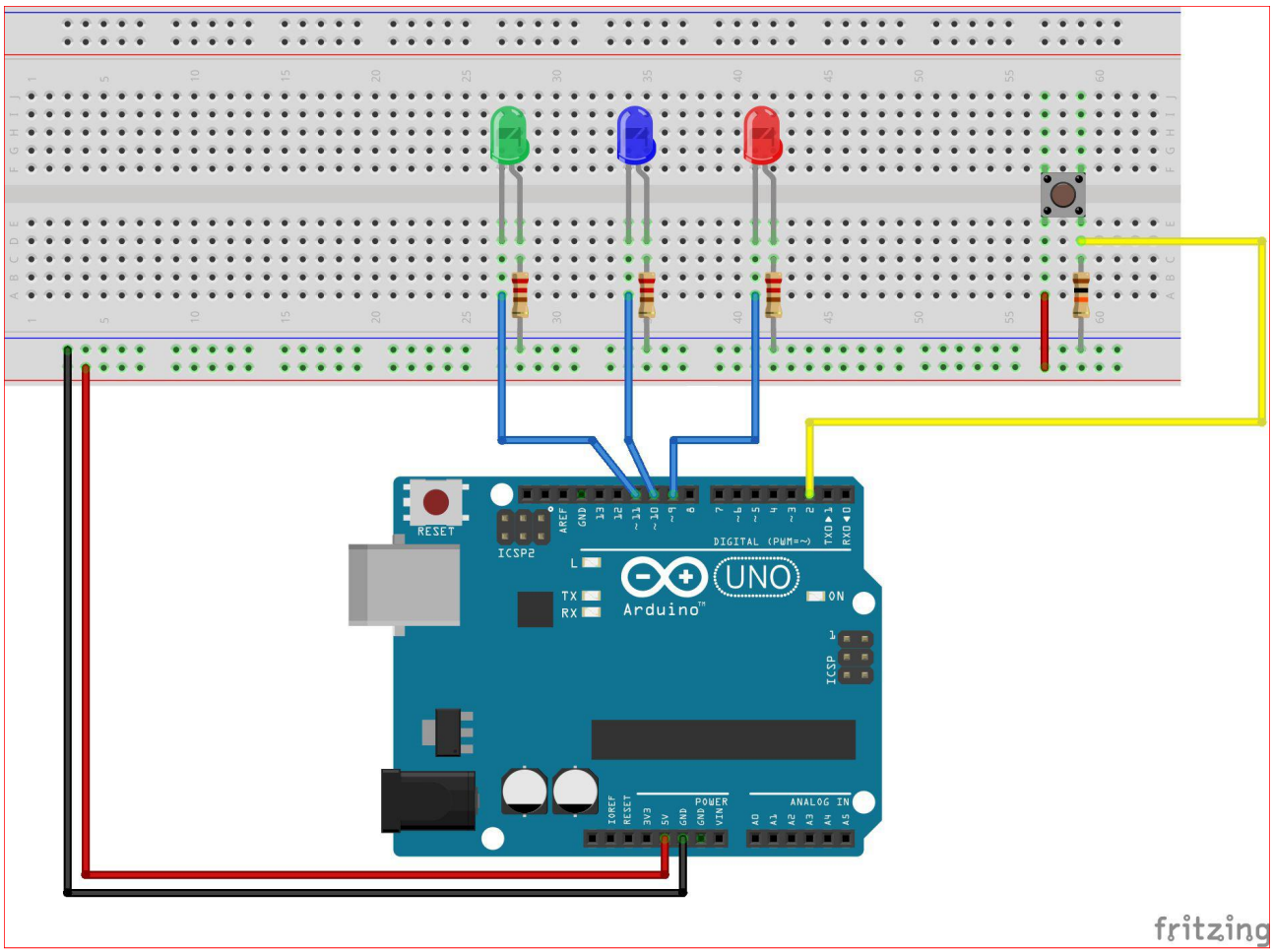



*Figura 5: Schema collegamenti sulla breadboard.*

(quelle contenute nel void loop()). La variabile time costituisce il valore iniziale dell'intervallo temporale tra l'accensione e lo spegnimento dei LED. I due #define, al contrario, consentono di fissare il valore di due costanti: la prima indica il valore con cui si decrementa time ad ogni pressione del bottone (l'interruttore); la seconda, invece, indica l'interrupt (su Arduino UNO l'interrupt 0 corrisponde al PIN 2) che verrà catturato dal funzione decrease (sarà illustrata più avanti). Impostate le variabili globali, si passa a definire quali saranno i pin di uscita, d'ingresso, gli interrupt, e tutte quelle azioni che devono essere compiute prima dell'avvio del programma (Listato 2). Le istruzioni pinMode(PIN, MODE) consentono di definire quali saranno i pin utilizzati nella funzione void loop(), e soprattutto se si tratta di pin di uscita oppure di ingresso. Nel caso d'interesse sui pin impiegati (9, 10 e 11) viene generato un segnale PWM (Pulse Width Modulation, Modulazione ad Ampiezza di Impulsi) per comandare l'accensione dei LED, il lettore capirà in seguito il perché della scelta fatta. L'istruzione

**Listato 3**

```
void loop() {

   //LED ON
   analogWrite(9, 255);
   analogWrite(10, 255);
   analogWrite(11, 255);

   delay(time);

   //LED OFF
   analogWrite(9, 0);
   analogWrite(10, 0);
   analogWrite(11, 0);

   delay(time);

}
```

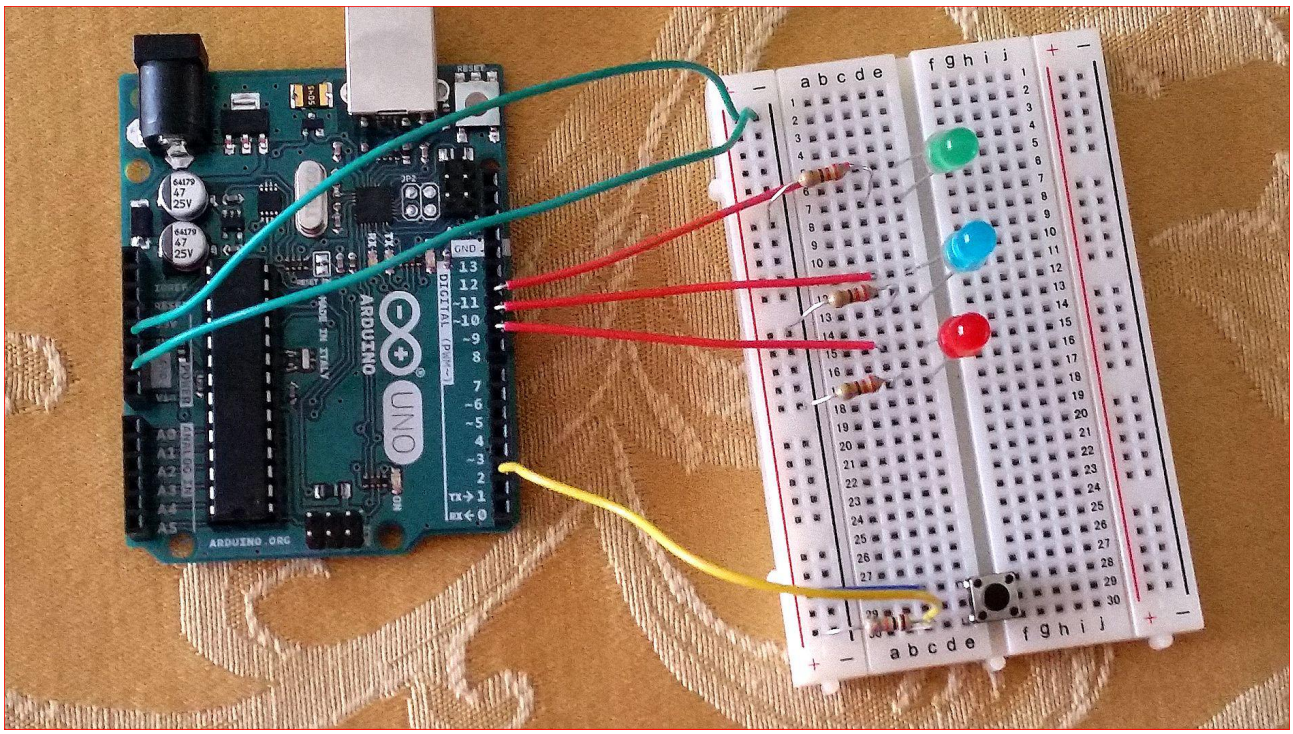


*Figura 6: Sistema finale.*

attachInterrupt(InterruptPin, function, mode) consente di definire su quale pin dovrà essere catturato l'interrupt (il pin 2 nel caso in esame), la funzione da chiamare e su quale evento fissare l'azione: sul cambiamento (change), sul fronte di salita del segnale (rising), sul fronte di discesa (falling), sul valore basso (low) oppure su quello alto (high). Infine, l'ultima istruzione consente di istaurare la connessione seriale con il sistema di controllo, definendo il numero di bps (bit per second, bit per secondi) per lo scambio dati. La sezione void loop() (Listato 3) racchiude la porzione di software che viene eseguito ciclicamente, quella deputata all'accensione e lo spegnimento dei LED. Tale operazione avviene attraverso l'istruzione analogWrite(PIN, VALUE), dove value rappresenta l'intensità luminosa fornita ai LED, assume valore massimo pari 255 e minimo pari a 0. Invece, l'istruzione delay(time) consente ai LED di rimanere accessi (spenti) per un intervallo di tempo pari a time, il cui valore è espresso in millisecondi. Ad esempio, se time è pari a 1000, i LED rimarranno accesi (spenti) per un intervallo di tempo pari ad 1 secondo. Infine, descriviamo la funzione

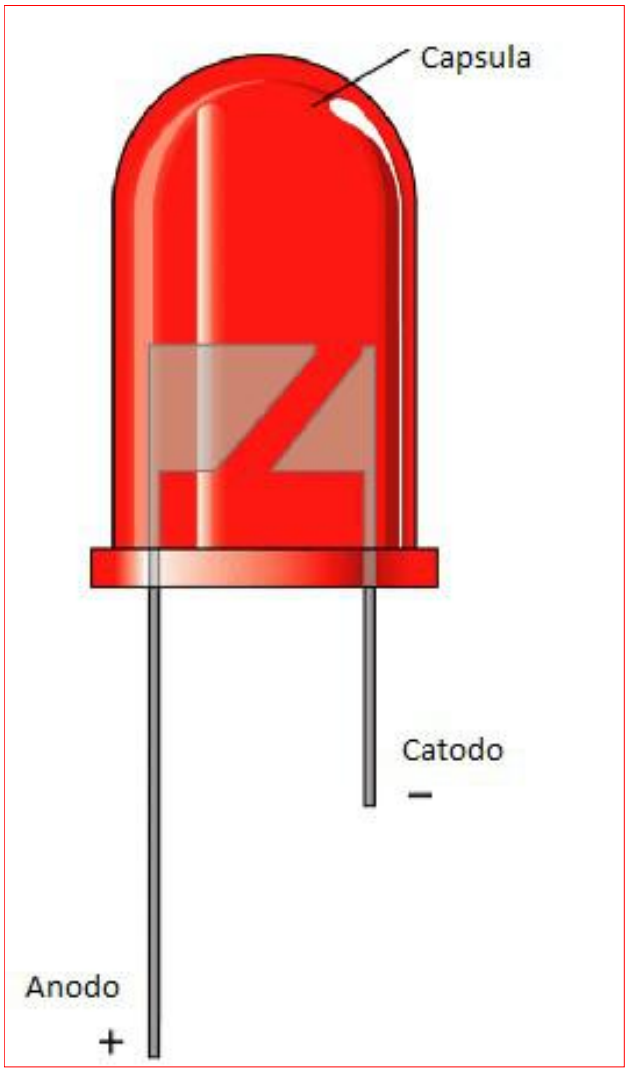



*Figura 7: LED.*

```
Listato 4
void decrease(){

    if((time-CONST)>0)
        time=time-CONST;
    else
        time=1000;

      Serial.print("Time: ");
      Serial.println(time);

   }
```

decrease (Listato 4) responsabile del decremento della variabile tempo (time) a seguito della pressione del bottone sulla breadboard. Il funzionamento è abbastanza semplice: una struttura decisionale (if-else) decrementa la variabile time, di un valore pari a CONST (definito all'inizio del codice) se time-CONST>0, ovvero se la differenza costituisce un valore ammissibile, altrimenti riporta il tempo al suo valore iniziale (1000). Infatti, non avrebbe alcun senso fisico un valore temporale minore di zero. Il valore di tempo viene poi stampato a video, visionabile dunque sul monitor seriale, a conferma dell'avvenuta riduzione, e dunque del funzionamento della funzione decrease (l'interrupt è stato catturato correttamente). Il lettore più attento, colui che già mastica Arduino, potrebbe pensare: non posso acquisire questa informazione attraverso un semplice digitalRead(PIN)? La risposta è negativa. Se, al posto della cattura dell'interrupt, si utilizzasse un semplice digitalRead(PIN) non sarebbe possibile acquisire il dato (pressione del pulsante) se non dopo il secondo delay.
L'informazione diverrebbe di possibile acquisizione per un intervallo di tempo così piccolo che, per il più delle volte, andrebbe persa.
La cosa, al contrario, non avviene se si utilizzano gli interrupt: il segnale viene catturato ogni qualvolta si presenta all'ingresso, a prescindere dallo stato del software nel loop (accensione, spegnimento, o in attesa).

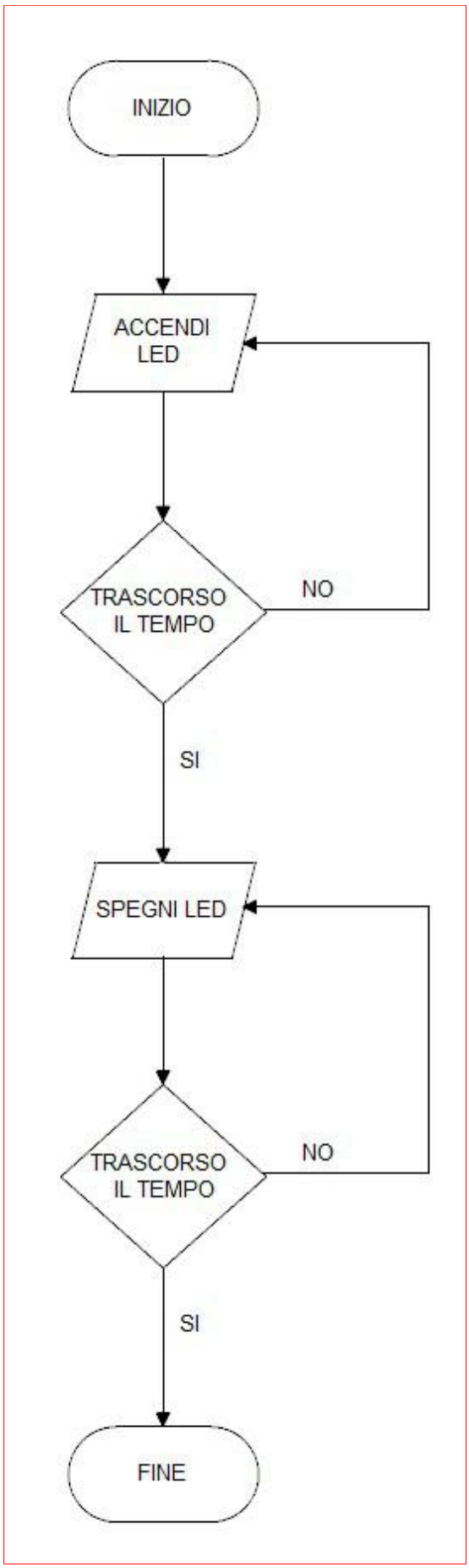


*Figura 8: Diagramma di flusso software di controllo.*

Tanti sono i segnali che vengono acquisiti attraverso gli interrupt.
Ad esempio, i segnali proveniente da encoder, rilevatori di distanza, insomma ogni qualvolta c'è da prendere una decisione (azione) a prescindere dallo stato in cui si trova il software.

## Conclusioni

La realizzazione di una luce stroboscopica con Arduino, progetto di relativa semplicità, ha consentito di affrontare concetti chiave, come la natura elettromagnetica della luce. Inoltre, l'implementazione del software, con la relativa aggiunta di un interruttore (il bottone), ha consentito di introdurre un cardine nella programmazione di un microcontrollore, ossia quello della gestione degli interrupt.
Ampio sguardo si è dato anche alle uscite che il sistema di controllo mette a disposizione, capendo le differenze tra un'uscita digitale ed una PWM, quando è utile utilizzare l'una e quando l'altra.

## PWM e PIN DIGITALI: le differenze

In questo riquadro di approfondimento si vuole spiegare, nella maniera quanto più dettagliata possibile, le differenze che intercorrono tra i pin PWM e quelli digitali di Arduino. Il segnale PWM generato dal device è un segnale ad onda quadra, caratterizzato da una data ampiezza (5V), una frequenza fissa per ogni pin (Tabella 2) ed un duty cycle variabile. Modificando il valore numerico nell'istruzione analogWrite(PIN, VALUE), compreso nell'intervallo chiuso è limitato 0-255, si varia il periodo del segnale, conseguentemente il valore medio della tensione nel periodo (Figura 9). Nel caso in esame, l'aumento e la diminuzione del valore di tensione consente la variazione dell'intensità luminosa. In generale, risulta particolarmente utile quando si vuole comandare motori in continua, in particolare regolarne la velocità. I pin sulla board, sui cui è possibile prelevare tale segnale, sono contraddistinti da un'onda (~). Al contrario, i pin digitali sono in grado di imporre solo tensioni costanti (0 o 5 V), a seconda il valore sia rispettivamente alto o basso, per questo utilizzati alla stregua di un normale interruttore.

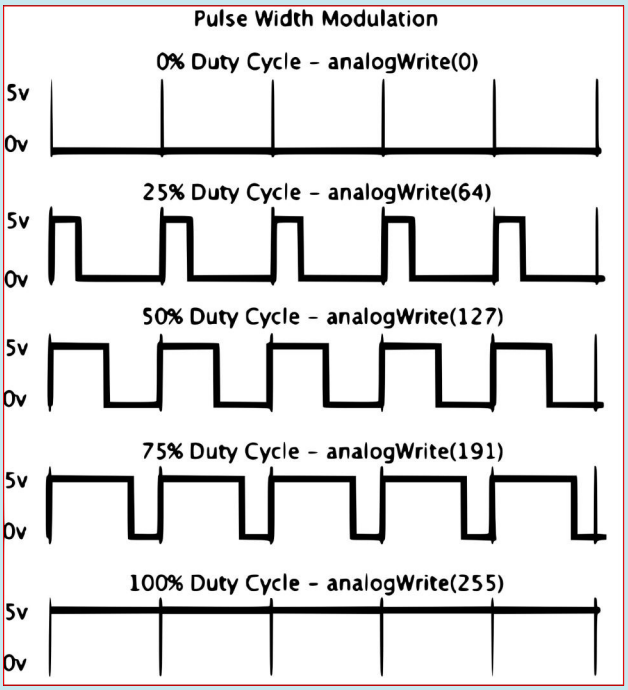



*Figura 9: PWM generate con Arduino.*

**Tabella2**
Frequenze pin PWM di Arduino

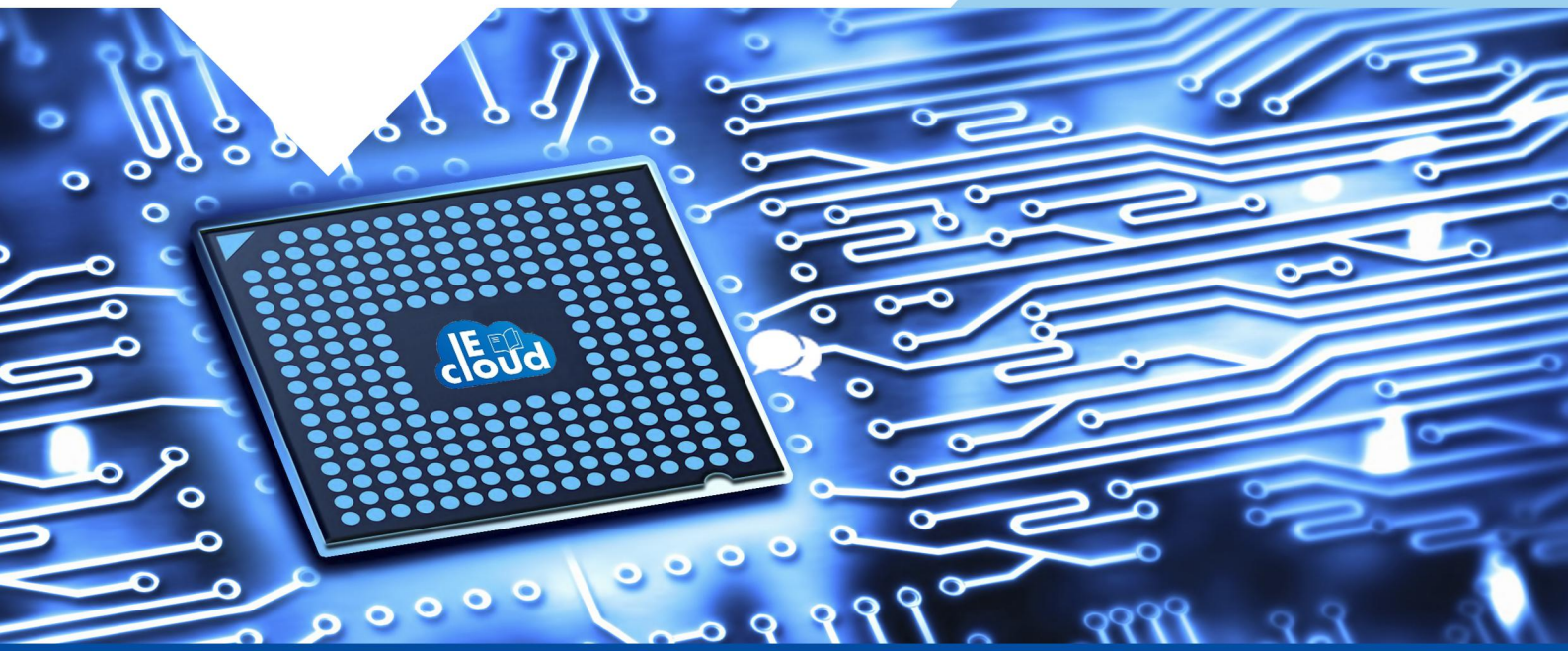
| Pin | Frequenze |
|---|---|
| 6 | 976 Hz |
| 5 | 976 Hz |
| 9 | 488 Hz |
| 10 | 488 Hz |
| 11 | 488 Hz |
| 3 | 488 Hz |

www.ie-cloud.it

# l'elettronica è qui.

## Il nuovo spazio dedicato ai progettisti elettronici e ai makers

INWARE EDIZIONI



Il nuovo portale IEcloud mette a disposizione degli utenti numerosi ed interessanti contenuti in tema di elettronica.
Progetti, articoli e news possono essere condivisi nella community e fruiti in tempo reale da tutti i membri.

IEcloud è il portale di riferimento per tutti i professionisti, progettisti, studenti e appassionati di elettronica.

**Registrati subito, è GRATIS!**

Centinaia di articoli, riviste, ebook, video, pdf sempre a tua disposizione

Una community per condividere i propri progetti o per cercare collaborazioni

Notizie, aggiornamenti ed eventi relativi al mondo dell'elettronica

Un portale fruibile da qualsiasi dispositivo smartphone, tablet o PC

DIRETTORE RESPONSABILE
**Antonio Cirella**

DIRETTORE TECNICO
**Giovanni Di Maria**

Hanno collaborato in questo numero:
**Massimo Di Marco, Maurizio Di Paolo Emilio**
**Giovanni Carrera, Giuseppe Silano**
**Alberto Trasimeni**

Direzione Redazione
INWARE srl
Via Giotto, 7 - 20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504794 -Fax 02.42101817
info@inwaredizioni.it - www.inwaredizioni.it

Redazione:
fe@inwaredizioni.it

Pubblicitá per l'Italia
Agostino Simone
Tel. 347 2230684
media@inwaredizioni.it

Europe and Americas
Elisabetta Rossi
Tel. +39 328 3245956
international@inwaredizioni.it

Asia
Cybermedia Communications Inc.
asia@inwaredizioni.it

Rest of the world
Inware Edizioni srl
Tel. +39 02 66504794
info@inwaredizioni.it

Ufficio Abbonamenti
INWARE srl
Via Giotto, 7 - 20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione
o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504794 - Fax 02. 42101817
L'ufficio abbonamenti è disponibile
telefonicamente dal lunedì al venerdì
dalle 14,30 alle 17,30.

Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n. 647 del 17/11/2003

fare elettronica

© Copyright
Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati.
Manoscritti, disegni e fotografie sono di proprietà di Inware srl. È vietata la riproduzione anche parziale degli articoli salvo espressa autorizzazione scritta dell'editore. I contenuti pubblicitari sono riportati senza responsabilità, a puro titolo informativo.

# Firmware

Le pagine che seguono sono una anteprima degli articoli della rivista **Firmware** n. 114/115 di Luglio/Agosto 2015

# Firmware

LUGLIO-AGOSTO 2015

114-115

*FreeRTOS per x86*

*Modellare e Compensare l'Anello di Retroazione (2)*

*Entriamo nei Dettagli del DSP o "Digital Signal Processing (2)*

# Raggi Cosmici

## e Circuiti Integrati

EDITORIALE

# "Gremlins"

Se pensate ai buffi e malvagi animaletti, protagonisti assoluti di un paio di film di grande successo degli anni '80, avete ragione. Se credete che i cattivelli siano stati inventati in quell'occasione, vi sbagliate. Apparvero per la prima volta in un romanzo di Roald Dahl, "The Gremlins", scritto nel lontano 1942. Dahl fu anche aviatore nella RAF e non è un caso se i personaggi del suo romanzo entrarono ben presto nell'immaginario un po' superstizioso dei suoi commilitoni piloti di guerra. Quest'ultimi erano arrivati al punto di attribuire ai Gremlin, in modo semischerzoso, qualsiasi problema tecnico affliggesse i velivoli da combattimento che si usavano all'epoca. Immaginavano di osservare queste creature mentre agivano indisturbate all'esterno dei loro aeroplani, causando i guasti più disparati. È comunque solo dal 1984 che, grazie allla pellicola di Spielberg, questi mostriciattoli si sono visti attribuire la gran parte dei malfunzionamenti di qualsiasi tipo di hardware, compresi quelli che spesso affliggono le macchine da calcolo ben note a chi legge. Quante volte avete dovuto ricompilare programmi (quasi..) perfetti che però si arrestavano senza motivi apparenti? Certamente, per "buttarla sul ridere" e allentare la tensione, avrete pensato che uno di questi stesse armeggiando di nascosto con il vostro fidato microcontrollore. Scherzi a parte però, quando pensiamo alle possibili cause che interferiscono con il corretto funzionamento dell'hardware, non sempre arriviamo ai raggi cosmici. Pare che la percentuale di errori introdotta dalle radiazioni in un sistema sia di un valore decisamente superiore allo zero, nient'affatto trascurabile. Gli effetti pratici sembrano consistere nel "flip" casuale delle celle di memoria,

che cambiano valore causando un errore di calcolo o comunque, nella migliore delle ipotesi, una perdita di tempo macchina dovuta all'intervento del sistema di correzione ECC nelle logiche che ne sono dotate.
Al riguardo, nel TIPS'n Tricks di questo numero trovate una serie di considerazioni di grande interesse.

Buona Lettura!

Roberto Armani

Seguici anche su:

**TIPS'n tricks**
4 Raggi Cosmici e Circuiti Integrati

**FOCUS on**
16 Entriamo nella Tecnica del DSP o "Digital Signal Processing" (2)

**Tools**
26 FreeRTOS per x86

**INside**
36 Modellare e Compensare l'Anello di Retroazione (2)
54 Integrare Velocemente un Dispositivo NFC

**SPOTlight**
68 Gli Amplificatori a Bassisima Corrente di Polarizzazione
72 La Conversione Tensione-Corrente di un Segnale

76 **News**

80 **Events**

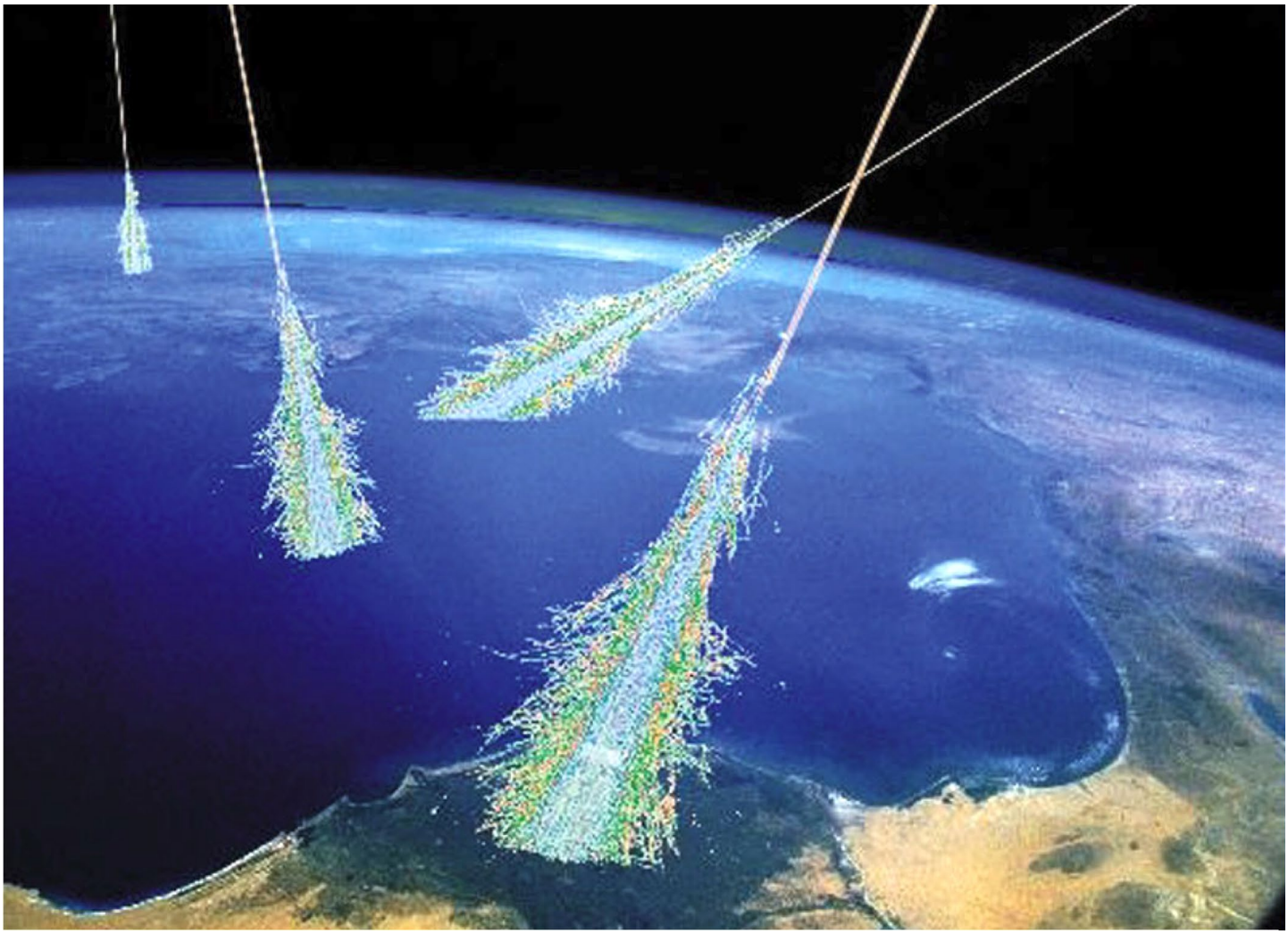
# Raggi Cosmici
## e Circuiti Integrati

di Mario Rotigni

*Dove cielo e terra si incontrano, non senza qualche apprensione…*

In questo articolo ci occuperemo dell'interazione tra particelle elementari e radiazioni ad alta energia con oggetti di uso quotidiano, le apparecchiature elettroniche utilizzate nelle nostre case e nelle nostre automobili in particolare. Questo è uno dei rari casi in cui la fisica delle particelle elementari ha effetti visibili macroscopici, seppur rari, potenzialmente evidenti all'uomo della strada. Certamente l'argomento incuriosisce chi si occupa di scienza e tecnologia. L'effetto di radiazioni ionizzanti di vario genere sui semiconduttori è stato storicamente studiato nell'ambito delle applicazioni dell'elettronica nello spazio, nell'industria nucleare, militare e strumentazione fisica (acceleratori di particelle, rivelatori eccetera). L'attenzione per questi fenomeni ha conosciuto un'accelerazione a partire dagli

anni 70, con la diffusione di circuiti integrati densi e caratterizzati da geometrie di fabbricazione sempre più piccole. Si è iniziato ad introdurre il concetto di "soft error", malfunzionamenti casuali e temporanei causati dall'alterazione dei dati, senza danneggiamento permanente a dei componenti elettronici. Eventi particolarmente energetici, accompagnati dall'esponenziale aumento del numero dei componenti per circuito integrato e la riduzione delle geometrie connessa, rischiano però di veder aumentare anche casi di "hard error", ovvero malfunzionamenti accompagnati a danneggiamento e quindi non automaticamente recuperabili. In questo articolo, dopo un breve richiamo sulle radiazioni ionizzanti di interesse nell'ambito dei circuiti integrati e qualche richiamo alla struttura di circuiti integrati CMOS, discuteremo degli effetti potenziali sul funzionamento dei circuiti elettronici e vedremo brevemente le precauzioni prese per prevenirli e gestirli quando non evitabili.



*Sciame di particelle generato da raggi cosmici (fonte: Istituto di Fisica, Università di Udine)*

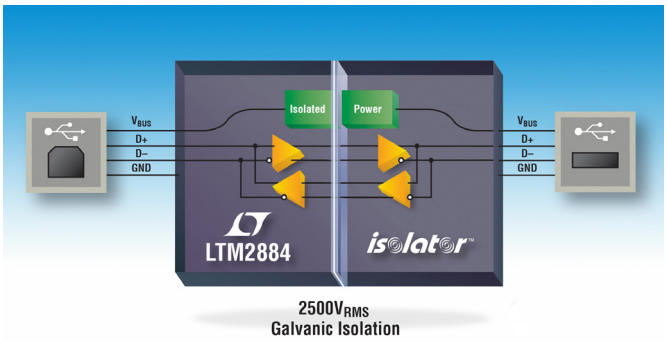
# Isolatore USB µModule con alimentazione protegge gli hub e le porte delle periferiche

Linear Technology Corporation presenta l'LTM®2884, un isolatore USB µModule® che combina comunicazione dati e potenza USB, e inoltre protegge contro i differenziali tra masse diverse e ampie correnti transitorie in common mode. La solida interfaccia e l'isolamento rendono l'LTM2884 ideale per i sistemi che implementano la tecnologia USB negli ambienti industriali o medici difficili in cui è necessario fornire protezione contro le differenze di potenziale di massa. L'LTM2884 separa la massa isolando una coppia di transceiver di segnale USB utilizzando l'isolamento del segnale induttivo interno, fornendo un isolamento di 2500$V_{RMS}$ oltre che una reiezione dei transienti in common mode >30kV/µs.

Questo micromodule è dotato di un convertitore DC/DC a basse emissioni elettromagnetiche (EMI), esterno o alimentato tramite bus che alimenta il transceiver isolato e fornisce fino a 2,5W di potenza isolata per le periferiche USB o i controller hub/host. L'esclusivo rilevamento automatico della velocità del bus consente l'uso dell'LTM2884 nelle applicazioni di isolamento di hub/host/bus. Le resistenze pull-down integrate rivolte a valle e quelle pull-up rivolte a monte vengono configurate automaticamente in modo di adattarsi alla velocità del dispositivo a valle, consentendo all'LTM2884 di monitorare e comunicare le velocità di bus all'host. Con un isolamento galvanico di 2500$V_{RMS}$, potenza integrata e transceiver compatibili con USB 2.0, l'LTM2884 non richiede componenti esterni ed è una soluzione µModule completa per le comunicazioni USB isolate.

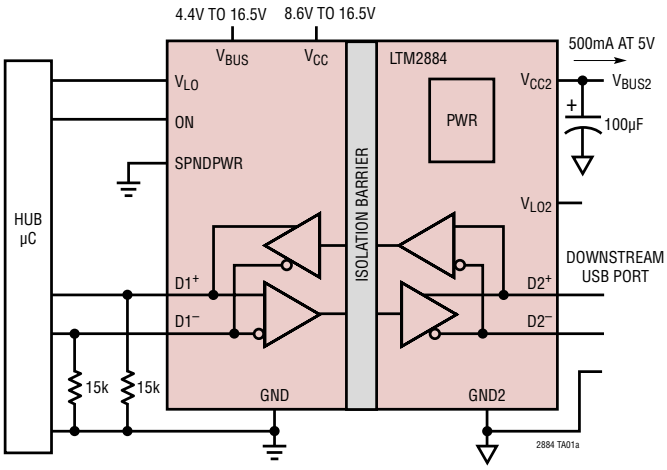
Questo micromodule è adatto a un'ampia gamma di applicazioni, inclusi isolamento di dispositivi host, hub e periferiche, oltre che per l'isolamento bus USB inline. I transceiver da ±15kV protetti contro le scariche elettromagnetiche funzionano alla piena velocità USB 2.0 (12Mbps) e a bassa velocità (1,5Mbps). Una modalità sospesa monitora l'inattività e riduce la corrente $V_{BUS}$ a meno di 2,0mA. Il convertitore DC/DC integrato è in grado di fornire 2,5W se collegato a un'alimentazione ad alta tensione o 1W se collegato all'alimentazione USB$V_{BUS}$.

L'LTM2884 viene offerto in un package BGA compatto di 15 x 15 x 5mm con montaggio superficiale; tutti i circuiti integrati e i componenti passivi sono contenuti in questo package µModule conforme a RoHS. Disponibile nelle versioni commerciale, industriale e automotive, l'LTM2884 supporta temperature operative rispettivamente comprese tra 0°C e 70°C, -40°C e 85°C e -40°C e 105°C. L'LTM2884 fa parte di una famiglia di isolatori µModule che includono RS485, RS232, SPI, I²C e GPIO isolati.




## Typical Application

**Powered 2.5W Isolated Hub Port**

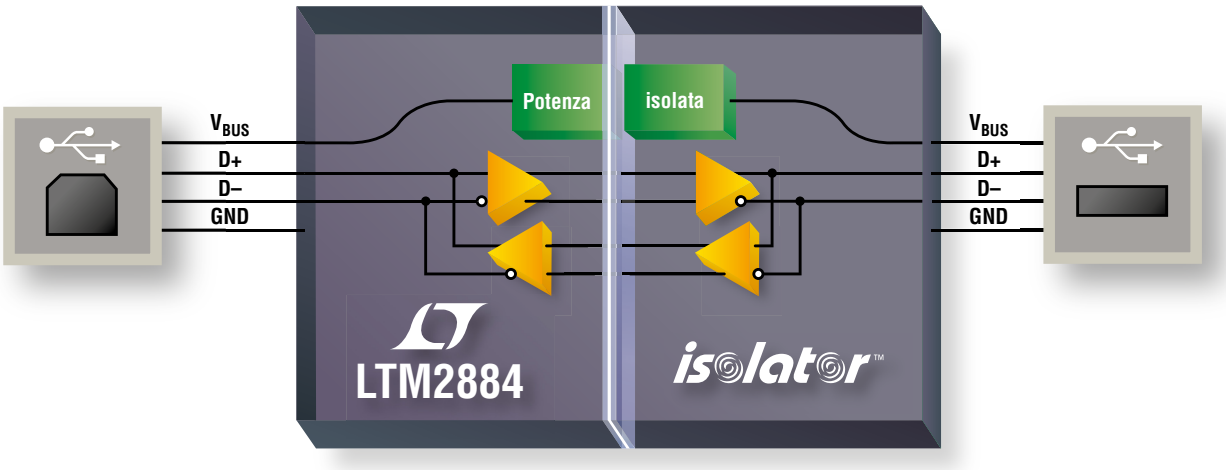



## Riepilogo delle caratteristiche: LTM2884

- Transceiver USB isolato UL (in attesa di approvazione): 2.500$V_{RMS}$
- Compatibile con USB 2.0 Full Speed & Low Speed
- Convertitore DC/DC isolato, esterno o alimentato tramite bus
- Configurazione automatica della velocità del bus USB
- Potenza di uscita di 2,5W (500mA a 5V) da alimentazione di ingresso interna ($V_{CC}$ = da 8,6V a 16,5V)
- Potenza di uscita di 1W (da 200mA a 5V) da alimentazione bus USB ($V_{BUS}$)
- Riferimenti transceiver di alimentazione uscite LDO da 3,3V $V_{LO}$, $V_{LO2}$
- Elevata immunità alla corrente transitoria in common mode: 30kV/µs
- Scariche elettrostatiche (ESD): ±15kV HBM su pin di interfaccia USB
- Package BGA per montaggio superficiale di 15mm × 15mm × 5mm

**Per ulteriori info: www.linear.com/isolator**

# USB isolato con potenza




**Isolamento galvanico di 2500$V_{RMS}$**

## USB 2.0 con configurazione automatica low/full speed

L'isolatore LTM®2884 è un transceiver USB isolato che interrompe i circuiti di massa isolando l'interfaccia a livello logico e il transceiver di linea. Un convertitore DC/DC integrato alimenta il transceiver e fornisce fino a 2,5W di potenza per alimentare circuiti di sistema supplementari. Con un isolamento galvanico di 2500$V_{RMS}$, potenza ausiliaria integrata e un transceiver compatibile con USB 2.0, l'LTM2884 non necessita di componenti esterni e costituisce una soluzione µModule® compatta e completa per la comunicazione seriale e isolata di dati.

### Caratteristiche

- Transceiver USB isolato: 2500$V_{RMS}$
- Compatibile con USB 2.0 low/full speed
- Convertitore DC/DC isolato e integrato, esterno o alimentato tramite bus
- Configurazione automatica della velocità del bus
- Potenza in uscita di 2,5W (500mA a 5V) da alimentazione esterna, potenza in uscita di 1W (200mA a 5V) da alimentazione bus USB ($V_{BUS}$)
- Immunità ai common mode transient di 30kV/µs
- Scariche elettrostatiche (ESD) ±15kV HBM su pin di interfaccia
- Package BGA di 15mm x 15mm

**www.linear.com/product/LTM2884**
Tel.: +39-039-596 50 80

### USB isolator inline LTP2884

*, LT, LTC, LTM, Linear Technology e il logo Linear sono marchi registrati di Linear Technology Corporation. Tutti gli altri marchi sono di proprietà dei rispettivi titolari.*

Linear Technology Italy Srl +39-039-5965080

**Distributori**

| | |
|---|---|
| Arrow Electronics | +39-02-661251 |
| Farnell | +39-02-93995200 |
| Digi-Key | 800.786.310 |

# Gli MCU eXtreme Low Power prolungano la vita delle batterie

**Basse correnti Sleep con sorgenti di Wake-up flessibili**

- Correnti Sleep ridotte a 9 nA
- Brown-Out Reset ridotto a 45 nA
- Real-Time Clock ridotto a 400 nA

**Basse correnti Dinamiche**

- Solo 30 µA/MHz
- Esecuzione ad alta efficienza energetica

**Ampio portfolio di MCU XLP**

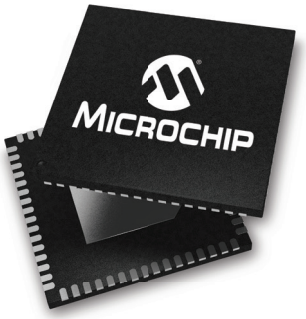
- 8–100 pin, 4–128 KB Flash
- Ampia scelta di package, tra cui chip scale chip scale packages

**Funzionalità Salva Batterie**

- Consente un ciclo vitale delle batterie di oltre 20 anni
- Funzionamento fino a 1.8V con self write e funzioni analogiche
- Supervisori a basso consumo per funzionamento sicuro (BOR, WDT)

**Set di Periferiche Flessibile**

- Comprende USB, LCD, RTC e rilevamento tattile
- Elimina costosi componenti esterni




microchip DIRECT
www.microchipdirect.com

MICROCHIP

www.microchip.com/xlp

Il nome e logo Microchip ed il logo Microchip sono marchi industriali registrati di Microchip Technology Incorporated negli U.S.A. ed altri Stati. Tutti gli altri marchi industriali menzionati appartengono ai rspettivi titolari.
© 2015 Microchip Technology Inc. Tutti I diritti riservati. DS00001746B. MEC2006Ita05/15

NEW!

SCOPRI TUTTI GLI

# ebook ELETTRONICA

NEW!

€ 5.49

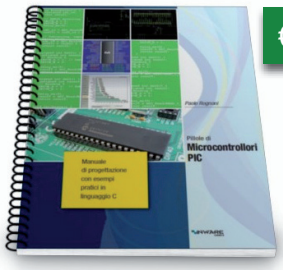
**I LED e l'illuminazione**

€ 4.49

**I filtri medicali**

€ 7.99

**Sensori**



PDF + ZIP

€ 14.64

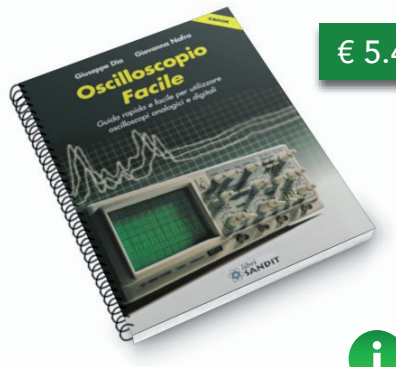
**Pillole di microcontrollori PIC**

€ 5.49

**Oscilloscopio facile 2**

€ 9.49

**Metal Detector**




€ 5.49

**Oscilloscopio facile**

€ 6.49

**Lavorare con Raspberry PI**

€ 4.49

**Lampade a LED e normative**

manuali - elettronica - FR - meccanica - strumentazione - programmazione - microcontrollori

# Entriamo dei Dettagli del DSP o "Digital Signal Processing"

*di Stefania Valentini*
*Orlando Rossi*
*Irio Lavagno*
*Open BioMedical Initiative*

**SECONDA PARTE**

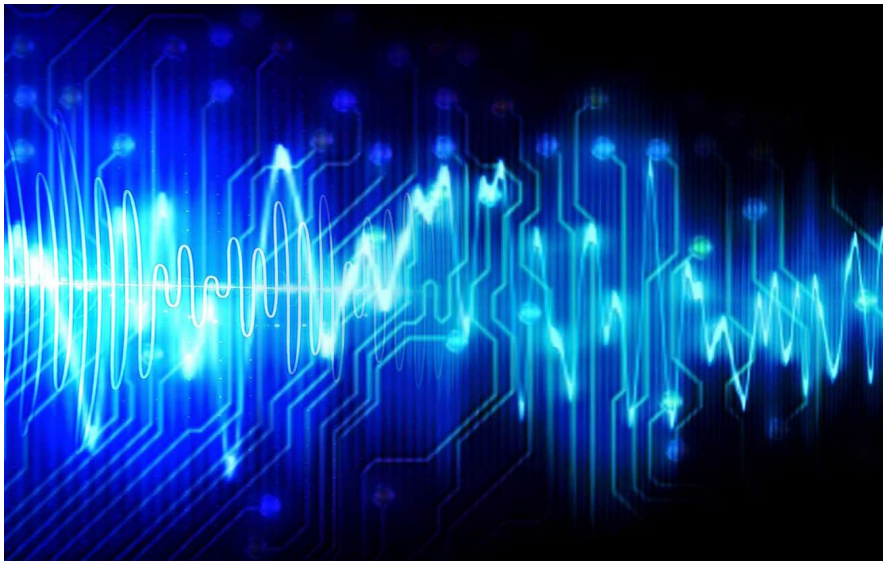
*Gestire i segnali biologici, ma soprattutto valorizzarne il contenuto eliminando con i filtri digitali tutto il "rumore" di fondo dei processi di campionamento permette in un secondo momento di utilizzarli a scopo medico e protesico. Dopo aver introdotto gli elementi base di un filtro digitale nel precedente articolo, passiamo a trattare due tipologie di filtri, i filtri non ricorsivi e i filtri ricorsivi..*

I filtri non ricorsivi (Finite Impulse Response FIR) presentano una funzione di trasferimento in forma polinomiale di lunghezza finita. Il filtro è praticamente un insieme di stadi di ritardo pesati. La sua rappresentazione a blocchi,il legame ingresso uscita e la sua funzione di trasferimento sono indicate di seguito.

$$y(nT) = \sum_{k=0}^{N} b_k x(nT - kT)$$

$$H(z) = b0 + b1z^{-1} + b2z^{-2} + \ldots + bNz^{-N}$$

Questa tipologia di filtri sono spesso utilizzati nell'analisi real time del segnale ECG dato che sono semplicemente progettabili per avere una fase lineare e, non essendo ricorsivi, presentano una elevata stabilità. Questa caratteristica



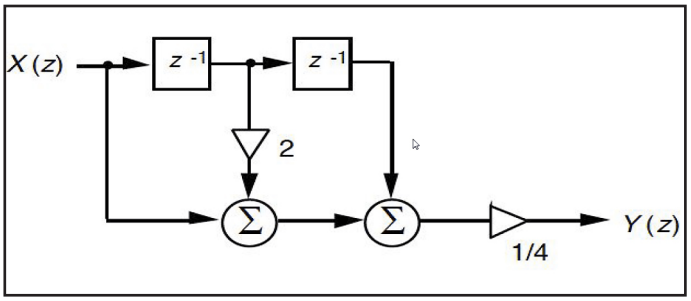
media mobile (Moving Average filter). In generale un filtro a media mobile è rappresentato dalla relazione

$$y_n = \frac{1}{M+1} \sum_{k=0}^{M} x_{n-k}$$

e la loro semplicità realizzativa inoltre li rendono particolamente adatti ad essere implementati come filtri adattativi ovvero quei filtri in cui i coefficienti cambiano in funzione della variazione dei dati di ingresso.

Uno svantaggio di questi filtri è che attenuano lentamente il segnale al di fuori della banda passante (roll off lento) quindi se si vuole una taglio veloce è necessario aumentare l'ordine del filtro stesso causando un aumento della complessità computazionale e riducendo le prestazioni. Un esempio classico di applicazione dei filtri FIR sono gli smoothing filter ovvero quei filtri che riducono il rumore attenuando le alte frequenze. Riferendoci ai segnali biologici le "alte" frequenze possono essere rappresentate dalla frequenza di rete (5060 Hz) , dagli artefatti dovuti al movimento, dal rumori di quantizzazione. Uno dei metodi piu semplici per ridurre questo tipo di rumore è l'utilizzo di un filtro a

La sua implementazione più semplice è il filtro di Hanning che calcola una media pesata dei campioni considerati all'interno di una finestra di campionamento dando peso 2 al campione centrale della finestra.

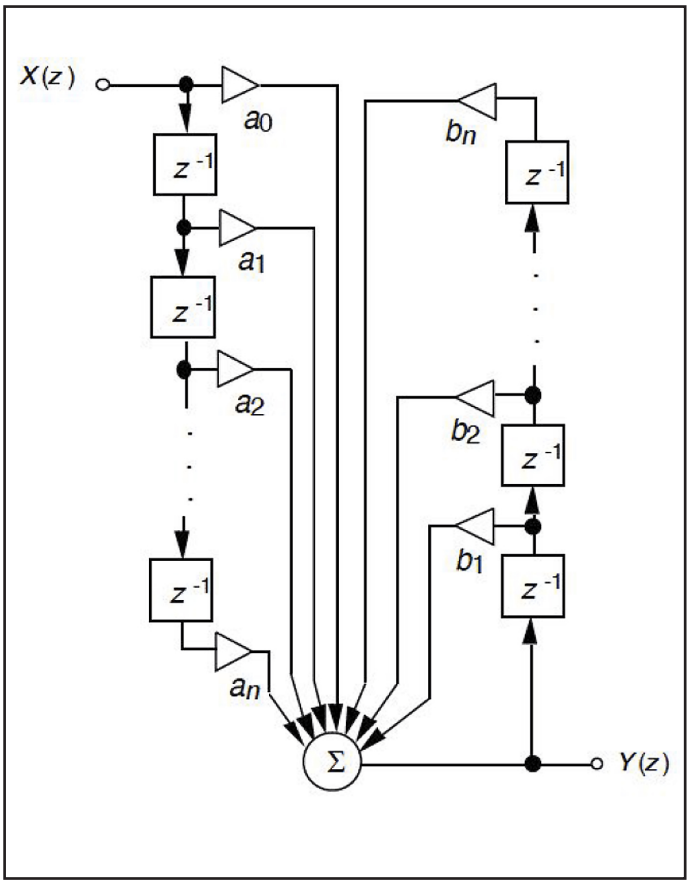



$$y(nT) = \tfrac{1}{4}\,[x(nT) + 2x(nT - T) + x(nT - 2T)] \quad \rightarrow$$

ne consegue che

$$\rightarrow \quad Y(z) = \tfrac{1}{4}\,[X(z) + 2X(z)z^{-1} + X(z)z^{-2})$$

I filtri ricorsivi (Infinite Impulse Response IIR) presentano invece una funzione di trasferimento data da un rapporto di polinomi nella forma generica può essere espressa come segue nel diagramma verticale raffigurato nella pagina seguente:




Come si può notare dallo schema diversamente dai filtri FIR nei filtri IIR l'uscita y(nT) dipende non solo dal valore corrente dell'ingresso x(nT) ma anche dai precedenti valori dell'uscita stessa y(nT-T) quindi e' presente una retroazione nell'implementazione. A seconda del grado del polinomio a denominatore questi filtri vengono detti ad 1 polo , 2 poli ,...n poli. Ricordiamo che vengono detti poli le radici del denominatore della funzione di trasferimento e zeri le radici del numeratore.

Questa tipologia di filtri viene spesso utilizzata per realizzare la controparte digitale dei filtri passa basso (Low Pass LP), passa alto (High Pass HP) e passa

MOUSER ELECTRONICS
Distributore Autorizzato
life.augmented
Nucleo ARM® Cortex®
-M7 a prestazione elevata
con DSP e FPU
STM32 F7
32-Bit MCUs della serie STM32F7
Più informazioni

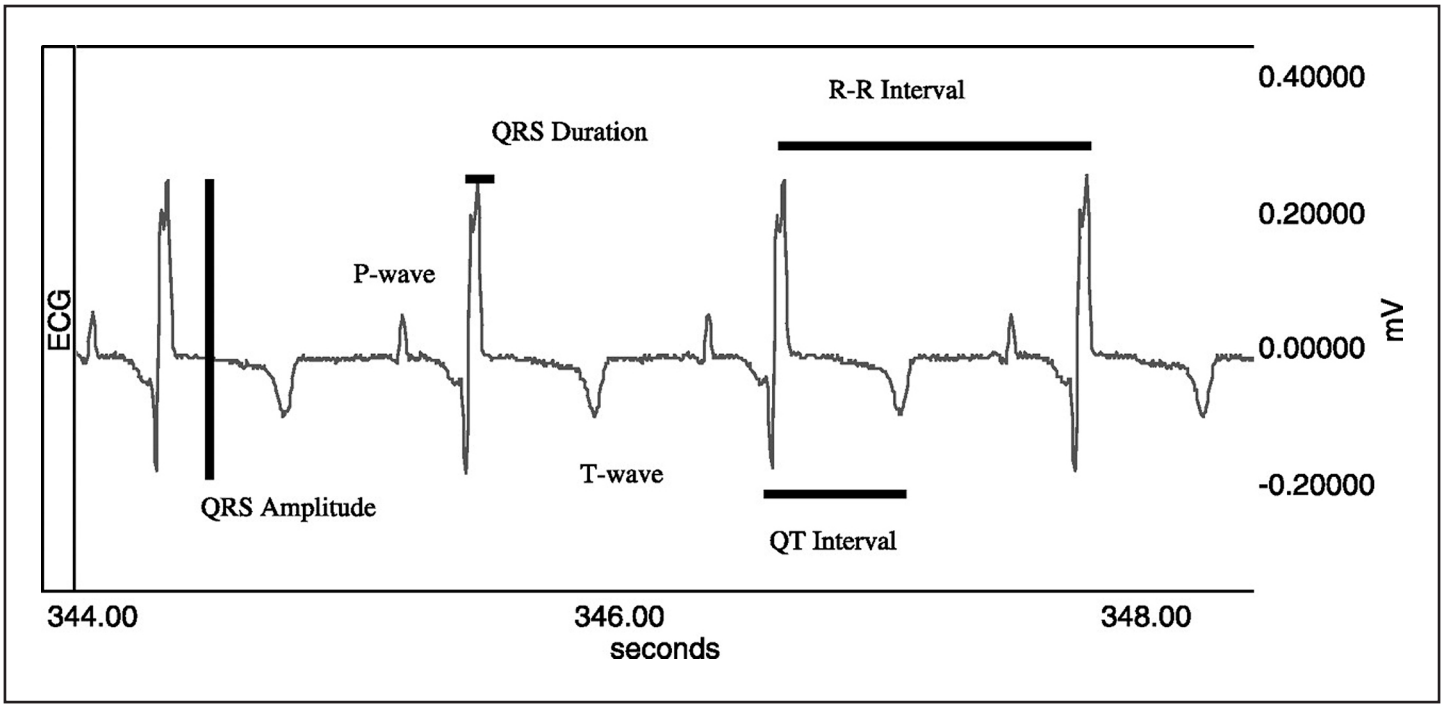



*Figura 7: Analisi degli intervalli del tracciato elettrocardiografico*


l'elettronica è qui.

Il nuovo spazio dedicato
ai progettisti elettronici e ai makers

IE cloud
www.ie-cloud.it

| | FREE | SMART | MAKER | GENIUS |
|---|---|---|---|---|
| | GRATIS per sempre | €5.99/mese o 59,99/anno | €5.99/mese o 59,99/anno | €7.99/mese o 79,99/anno |
| Accesso a news ed eventi | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Accesso alla community | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Accesso ai progetti gratuiti | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Accesso ai progetti premium | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Accesso a tutte le riviste Fare Elettronica | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ |
| Accesso a tutte le riviste Firmware | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| | Registrati | Acquista | Acquista | Acquista |

INWARE EDIZIONI

# FreeRTOS per x86

di Francesco Pentella

*FreeRTOS è un kernel open source, portabile, real-time ed estremamente ridotto che può essere utilizzato in applicazioni di tipo commerciale o anche su piattaforme x86, se non abbiamo particolari esigenze*

FreeRTOS è uno dei maggiori kernel disponibili per qualsiasi tipo di applicazioni commerciale e non insieme al prodotto di punto di casa Micrium che copre una fetta molto importante del mercato. Diversi costruttori di microcontrollori offrono particolari porting di FreeRTOS, come la Fujitsu Microelectronics Europe che ha da diverso tempo proposto il porting di FreeRTOS sui propri microcontroller appartenenti alle serie 16FX e FR MB91460. Infatti, FreeRTOS è un mini-kernel real-time open source portabile e completamente gratuito, che può offrire una risposta conveniente per i diversi segmenti di mercato tra commerciali e più spiccatamente industriali. Accanto alla versione free del prodotto esiste anche la disponibilità di una linea più rispondente alle esigenze real-time per le piattaforme industriali sponsorizzata da Wittenstein high

integrity systems con una licenza commerciale appositamente predisposta per queste particolari esigenze. In effetti, per le applicazioni safety-critical è disponibile Wittenstein SafeRTOS, una soluzione conforme allo standard IEC 61508 Safety Integrity Level (SIL) 3 sempre basata sulla versione aperta di FreeRTOS. Questa variante è stata specificatamente realizzata per il mondo dei microcontrollori a 32 bit con un disegno che ha potenziato l'ottimizzazione e la sua scalabilità, il footprint di SafeRTOS rientra, tipicamente, nell'intervallo dei 7 a 14 Kb. Ricordo che i microcontrollori Fujitsu delle serie 16FX e FR MB91460 con porting FreeRTOS sono già oggi disponibili. In realtà il panorama industriale italiano e non, offre una vasta

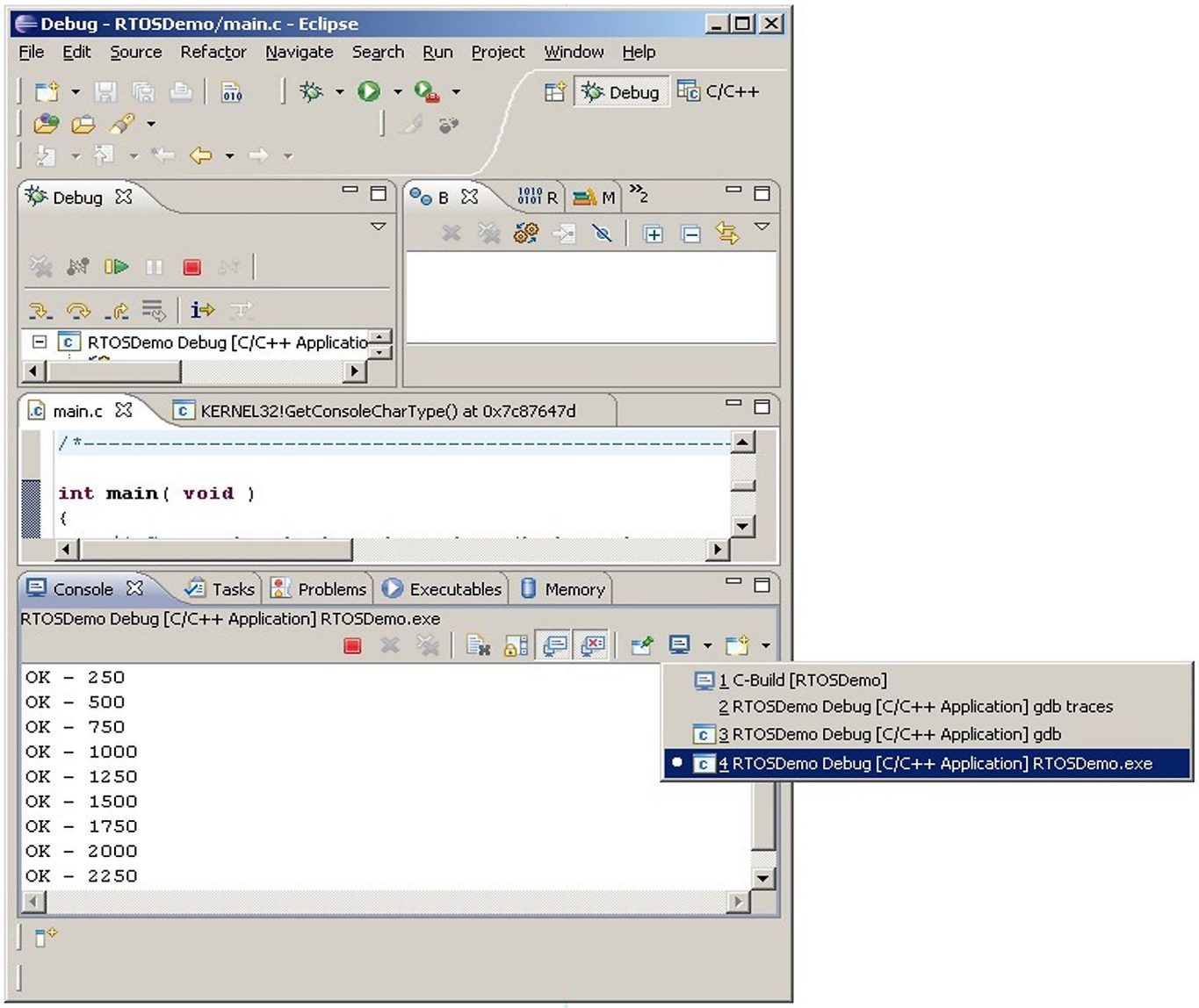



*Figura 1: Prompt di debug per FreeRTOS*

**11** EDIZIONI DI SUCCESSO

**500** OPERATORI DEL SETTORE

**250** AZIENDE RAPPRESENTATE

**42** INTERVENTI & WORKSHOP

## POWER FORTRONIC

Il punto di incontro italiano per chi opera nel mondo dell'elettronica di potenza.

L'unica occasione di confronto tra produttori, fornitori e clienti sulle novità tecnologiche e sulle soluzioni innovative proposte sul mercato.

### TEMATICHE

**Trend**
Evoluzioni tecnologiche del mercato

**Design**
Analisi di progetto di sistema di potenza

**Controllo motori**
Pilotaggio, gestione e functional safety

**Mobilità e Transportation**
Soluzioni e tecnologie per trasmissione e conversione

**Tecnologie**
Componenti, strumenti di sviluppo e high power

**Energy Storage**
Energy harvesting, batterie ricaricabili e soluzioni

### TARGET

L'evento si rivolge a tecnici, progettisti, Buyer e operatori del settore.

PROMOSSO DA:

Associazione Italiana Distretti Elettronica

assodel

IN PARTNERSHIP CON:

Consorzio Elettrimpex
Lumen International

LUMEN CONSORZIO ELINT

CONTATTI:

Tel. +39 02 210.111.236
*marketing@fortronic.it*

TECNO IMPRESE

**USA IL QR CODE**
per registrarti e scoprire maggiori informazioni

partecipazione gratuita previa registrazione

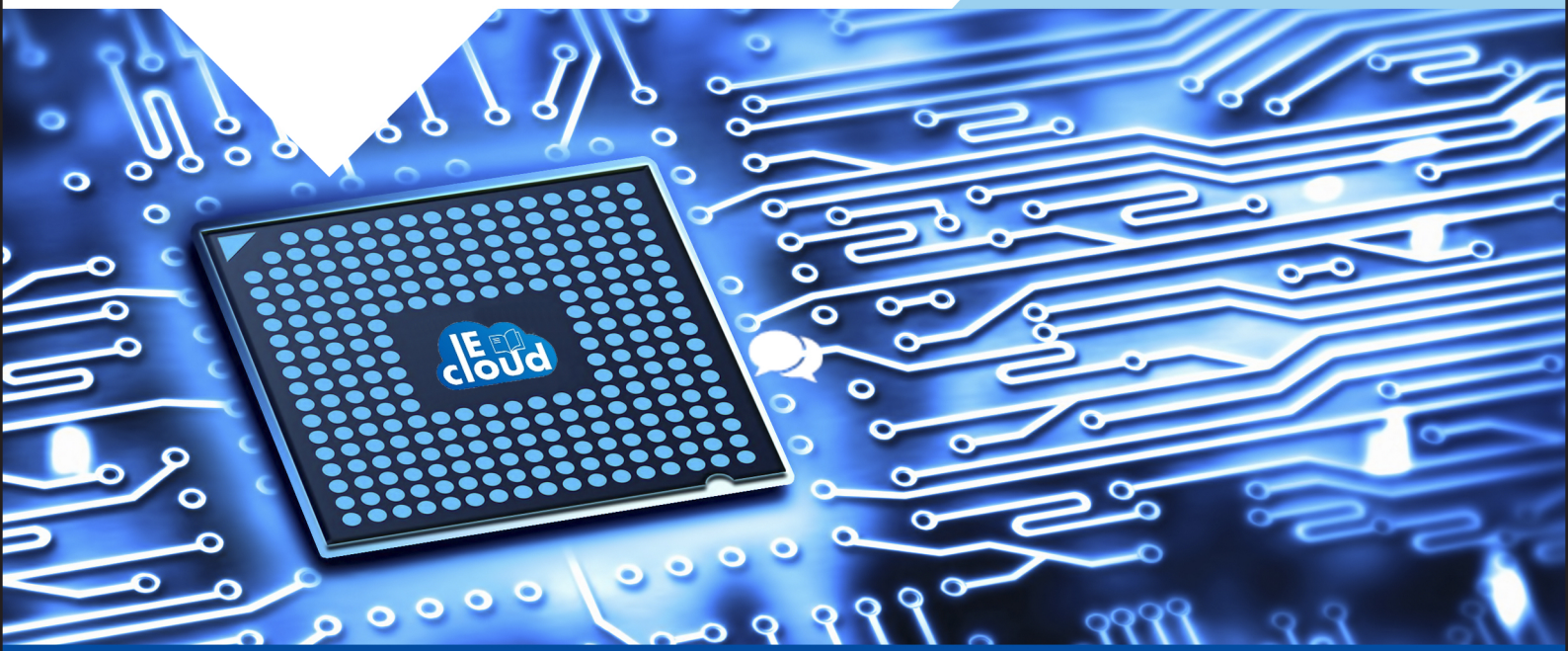
**http://fortronic.net/power**

www.ie-cloud.it

# l'elettronica è qui.

## Il nuovo spazio dedicato ai progettisti elettronici e ai makers

INWARE EDIZIONI



Il nuovo portale IEcloud mette a disposizione degli utenti numerosi ed interessanti contenuti in tema di elettronica.
Progetti, articoli e news possono essere condivisi nella community e fruiti in tempo reale da tutti i membri.

IEcloud è il portale di riferimento per tutti i professionisti, progettisti, studenti e appassionati di elettronica.

**Registrati subito, è GRATIS!**

Centinaia di articoli, riviste, ebook, video, pdf sempre a tua disposizione

Una community per condividere i propri progetti o per cercare collaborazioni

Notizie, aggiornamenti ed eventi relativi al mondo dell'elettronica

Un portale fruibile da qualsiasi dispositivo smartphone, tablet o PC

# Modellare e Compensare gli Anelli di Retroazione

di Henry J. Zhang
Appl. Engineerring Manager
Linear Technology Corp.

**SECONDA PARTE**

*I moderni sistemi elettronici diventano sempre più complessi, con un numero crescente di alimentatori e linee di alimentazione. Per ottenere risultati ottimali in relazione al costo, all'affidabilità e alla densità dei componenti di una soluzione di alimentazione, spesso il progettista del sistema deve progettare anche gli alimentatori anziché utilizzare moduli commerciali. Progettare e ottimizzare alimentatori a commutazione dalle prestazioni elevate sta diventando un compito sempre più frequente e complesso.*

## SELEZIONE DELLA FREQUENZA DI CROSSOVER DESIDERATA FC DELL'ANELLO DI TENSIONE

Una larghezza di banda maggiore contribuisce a ottenere un risposta veloce al transitorio; tuttavia, aumentando la larghezza di banda in genere si riduce il margine di stabilità e si rende l'anello di regolazione più sensibile al rumore di commutazione. Un progetto ottimale usualmente consegue un buon compromesso fra la larghezza di banda (risposta al transitorio) e il margine di stabilità. Infatti, la regolazione in modalità di corrente genera anche una coppia di poli del secondo ordine $\omega n$, a causa dell'effetto di campionamento del segnale di corrente a $1/2 \bullet f_{SW}$ [3], che introducono un ritardo di fase indesiderabile nell'intorno di $½ \bullet f_{SW}$. In genere, per ottenere un margine di fase e un'attenuazione

del rumore della scheda di circuiti sufficienti, si seleziona la frequenza di crossover affinché sia inferiore a 1/10–1/6 della frequenza di commutazione della fase fSW.

$$f_C \leq \frac{f_{SW}}{6}$$

Progettazione della rete del partitore di retroazione Kref(s) con R1, R2, C1 e C2
Nella Figura 16, il guadagno CC KREF di Kref(s) è uguale al rapporto tra la tensione di riferimento interna $V_{REF}$ e la tensione di uscita CC desiderata Vo, che viene impostata mediante i resistori R1 e R2.

$$R_1 = \frac{K_{REF} \cdot R_2}{1 - K_{REF}}$$

dove

$$K_{REF} = \frac{V_{REF}}{V_o}$$

Facoltativamente, è possibile aggiungere il condensatore C2 per migliorare la risposta dinamica dell'anello di retroazione. Sostanzialmente, ad alte frequenza C2 fornisce un percorso diretto a bassa impedenza per il segnale CA della tensione di uscita e quindi velocizza la risposta al transitorio. Ma C2 può anche introdurre nell'anello di regolazione un rumore di commutazione indesiderabile, che può essere attenuato aggiungendo un filtro: il condensatore C1. Come illustrato nell'equazione 11,

$$K_{REF}(s) = \frac{v_{FB}}{v_o} = K_{REF} \cdot \frac{1 + \frac{s}{2\pi \cdot f_{z\_ref}}}{1 + \frac{s}{2\pi \cdot f_{p\_ref}}}$$

dove:

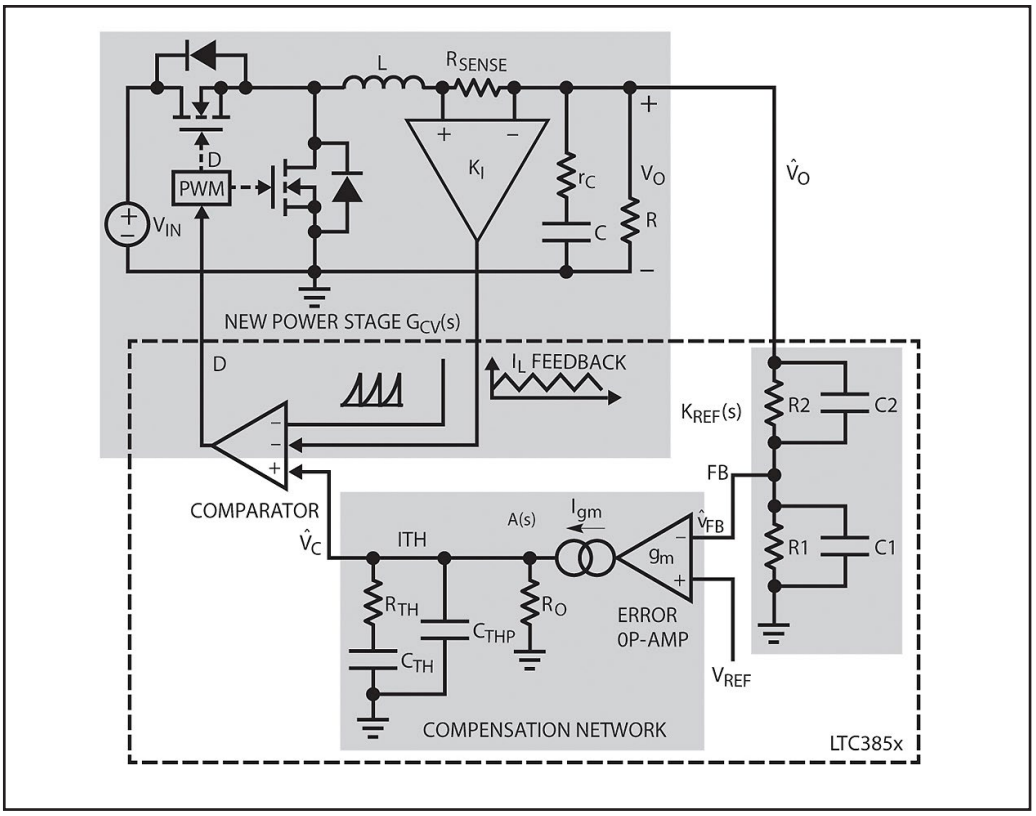



*Figura 16: Diagramma a blocchi di un convertitore in modalità a controllo in corrente, con un anello di corrente interno e un anello di retroazione di tensione esterno*

Next Generation Intelligent LCDs

demmel products

**Intelligent Products for Smart Solutions**

www.iLCD.info

## RISPARMIA TEMPO.
## RISPARMIA DENARO.
## RISPARMIA MANODOPERA.

**Riduci significativamente i costi di sviluppo**

**Time-to-market ultra-veloce per le tue applicazioni**

Per maggiori informazioni visita Il sito **www.elettroshop.com** oppure chiama il numero **02/66504794**

FEATURED EVENT

CONNECTED AUTOMOBILES 2015

WWW.CONNECTEDAUTOMOBILES.EU

2015 WORLD EDITION

# SmartMobilityWorld

## 28-30 OTTOBRE 2015

## AUTODROMO DI MONZA

WWW.SMARTMOBILITYWORLD.EU

SHARING MOBILITY

E-TICKETING

CONNECTED CAR

GREEN LOGISTICS

ITS

SMART PARKING

E-MOBILITY

RFID

ORGANIZED BY ClickutilityTeam innovability

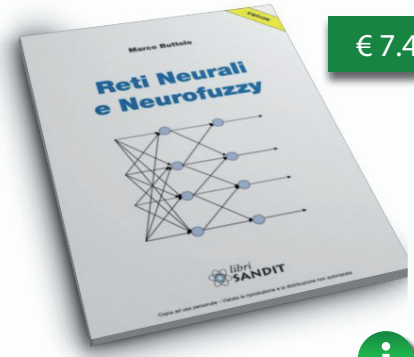
PROMOSSO DA

NEW!

SCOPRI TUTTI GLI

# ebook MANUALI

NEW!




€ 7.49

Reti Neurali e Neurofuzzy

€ 6.99

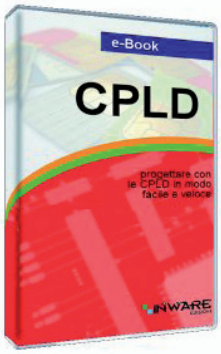
Tecniche di saldatura

€ 6.49

La televisione digitale terrestre

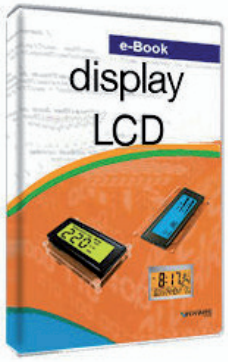
€ 5.99

Catturare calore dal sole




€ 14.64

eBook: le CPLD

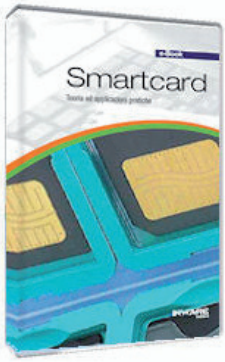



€ 14.64

eBook: Display LCD

€ 14.64

eBook: Amplificatori operazionali




€ 14.64

eBook: Smartcard

€ 14.64

eBook: Alimentatori Switching

manuali - elettronica - FR - meccanica - strumentazione - programmazione - microcontrollori

# Rimini Beach Mini Maker Faire®

## 14 e 15 NOVEMBRE
## RIMINI FIERA

**LA FIERA DEL FARE:** un evento aperto a tutti, dedicato all'innovazione e alla creatività, analogica e digitale.
**Trasforma le tue visioni in realtà, il futuro è adesso!**

- MAK-ER FABLAB
- UAV WORLD
- VIDEOGAME
- CRAFT
- COS-MAKERS & STEAMPUNK
- FOTOMERCATO
- 3D PRINTER
- MAKING MUSIC
- EXPO ELETTRONICA
- MINECRAFT CHALLENGE

## THE CALL IS OPEN!

Hai tempo fino al **30 settembre 2015** per **iscriverti alla CALL4Makers** e diventare protagonista con il tuo progetto!

**makerfairerimini.it**

ORGANIZZATO DA

BLU Nautilus · MAKERN · FabLab Romagna

PROMOTORI

MAK-ER · ASTER

PATROCINI

Regione Emilia-Romagna · Provincia di Rimini · Comune di Rimini · Camera di Commercio Rimini

IN COLLABORAZIONE CON

nuove idee impresa 2015 · CESCOT Centro Sviluppo Commercio, Turismo e Servizi · Piacere Spaggiarimini · spaggiarimini · RIMINI STARTUP

MEDIA PARTNER

libri SANDIT · FOTO-NOTIZIARIO · IE cloud

TECHNICAL PARTNER

Open Electronics Elettronica In · FUTURA ELETTRONICA

# Integrare Velocemente un Dispositivo NFC

di Luca Stanzani

**SECONDA PARTE**

*Prendendo spunto da un articolo precedente (Firmware 109) che ci mostrava come fosse possibile arrivare ad ottenere un dispositivo NFC in maniera rapida ed efficace, in questo proseguimento affrontiamo la realizzazione pratica di una interfaccia NFC, passando dalle parole ai fatti.*

Nell'articolo precedente abbiamo visto come, utilizzando un interessante chip prodotto da AMS, sia possibile facilmente dotare un qualsiasi dispositivo di un interfaccia NFC. Il chip in questione è l'AS3953, esponente principale della famiglia NFiC di AMS. Ora dopo averne descritto caratteristiche e benefici proviamo a realizzare una semplice applicazione che sfrutti questo chip.

## PANORAMICA SULL'APPLICAZIONE

Per creare un interfaccia NFC partiamo dalle board dimostrative che AMS mette a disposizione degli utenti per valutare le caratteristiche e le funzionalità del chip. In particolare utilizziamo la "AS3953 Evaluation Board" che come si può vedere dalla figura 1 integra già l'antenna necessaria sul cir-

*Figura 1: KIT AS3953 Evaluation Board.*

cuito stampato.Per gestire l'altro lato del collegamento SPI utilizziamo una controller board sempre disponibile da AMS, che grazie all'interfaccia USB si può collegare ad un qualsiasi Personal computer. Ovviamente sul PC sarà necessario installare del software per gestire attraverso il microcontrollore l'interfaccia NFiC, perciò includiamo simbolicamente nel kit anche una penna USB equipaggiata con tutto il software necessario. Una panoramica del kit è mostrata in figura 1. Oltre al dispositivo NFC realizzato come detto in precedenza è indispensabile anche una controparte con cui il dispositivo deve dialogare: a tal fine è possibile utilizzare la AS3911 GP demonstrator board, sempre disponibile da AMS, oppure utilizzare un semplice smartphone equipaggiato con Android e dotato di interfaccia NFC.

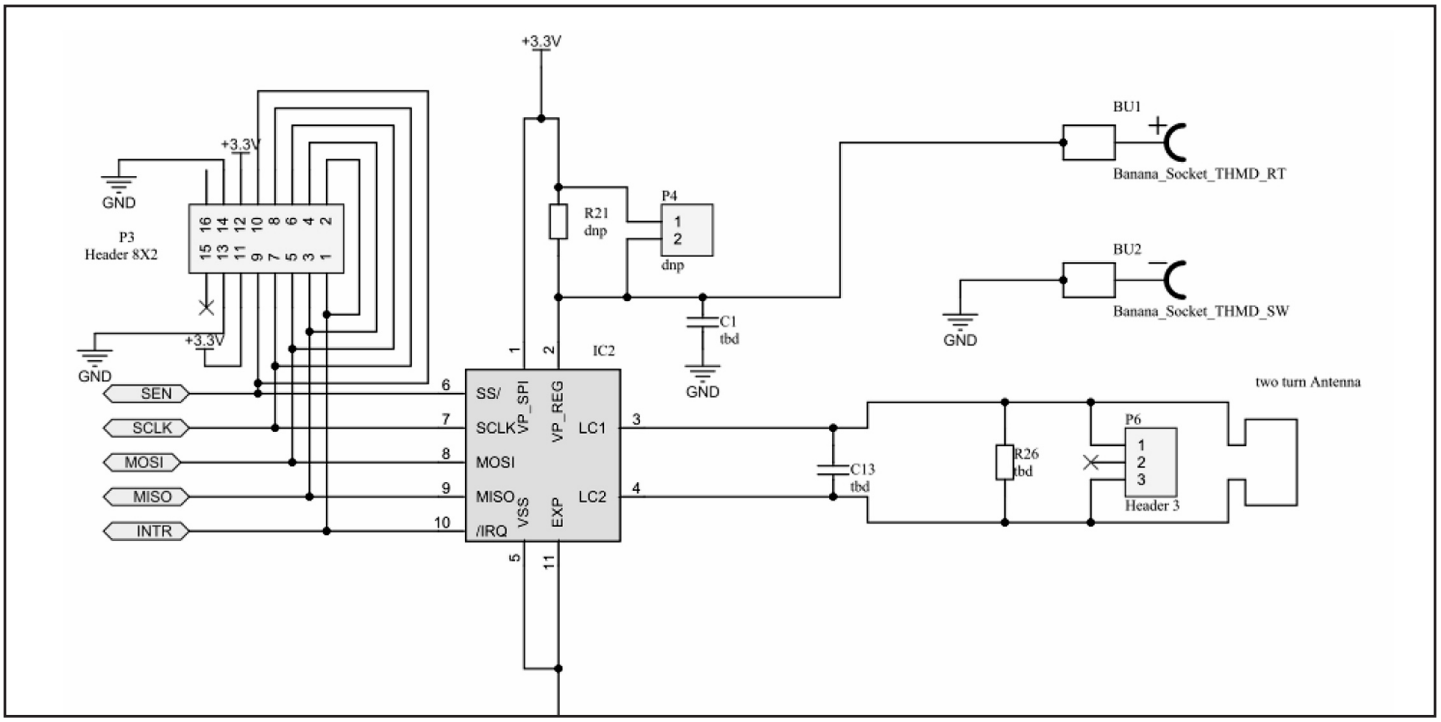



*Figura 2: Schema elettrico della TAG board.*

# Scopri il nuovo ARDUINO projects

**12 progetti completi**

**190 pagine**

**Solo 4.99€!!**

**Acquistalo ora!**

PayPal MasterCard VISA

RS232 con Arduino
Usare Arduino con GSM/GPRS
ArduinoBOT
Braccio robotico
Alla scoperta di Arduino DUE
Scambiatore per elettropompe
Etilometro
Game Controller
Lampada da tavolo intelligente
Arduino parlante
Controllare Arduino
Web server

**I progetti sono completi di firmware!**

IE cloud

NEW!

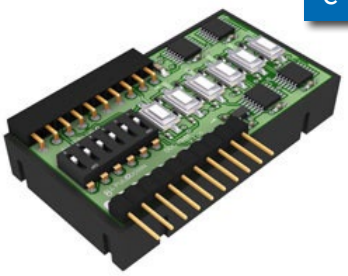
# Smarter wireless. Simply.

NEW!

€149.00

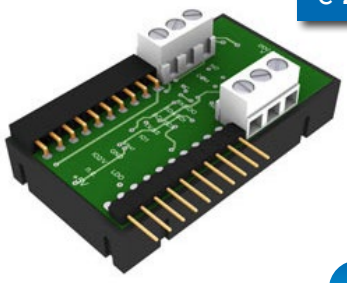
**DS-START-03**
**Set di sviluppo IQRF "START"- 3 dispositivi**

€ 27.50



**Kit DDC per moduli IQRF - I/O Kit: 6X I/O, Buttons With Customizable**

€ 27.50



**Kit DDC per moduli IQRF Realys Kit: 2 Bistabile Relays,1A,Zero Power**

€ 27.50

**Kit DDC per moduli IQRF - Sensor Kit: Temperature, Voltage**

€ 199.00

**DS-WMBUS-01**
**Set di sviluppo per Wireless M-Bus - 3 dispositivi**

## guarda il video!

I prezzi si intendono IVA esclusa

**IQRF, leader nelle tecnologie wireless e moduli radio in banda subGHz**

NEW!

bpi

NEW!

€ 49,00

**Banana PI - Single Board Computer Open Source**

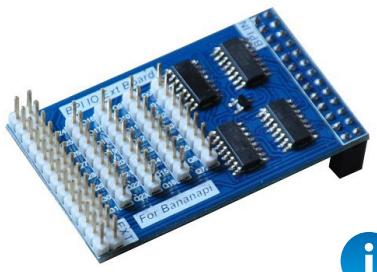
€ 8.90

**Box Contenitore Nero per Banana PI**

€ 8,00

**Alimentatore 5V 2A per Banana PI**

€ 11,00



**Scheda espansione IO per Banana PI**

€ 7,50

**Espansione WiFi tramite USB per Banana PI**

## guarda il video!

I prezzi si intendono IVA esclusa

**BananaPI la nuova piattaforma hardware Open Source!**

re che l'informazione standardizzata è di tipo URI, quindi 0x55, e tra i vari URI che possiamo trasmettere un url del tipo "http://www." ha ID pari a 0x01 .
Il risultato finale è quello di figura 15.
Se avessimo voluto trasmettere un record relativo ad un numero di telefono l'unica cosa che sarebbe cambiata era l'ID, che sarebbe diventato 0x05.

## CONCLUSIONI

Utilizzando le demo board messe a disposizione da AMS e le interfacce grafiche già pronte, siamo riusciti velocemente a verificare la fattibilità di un trasferimento NFC utilizzando l'AS3953.
Per chi volesse cimentarsi con un interfaccia diversa dalla scheda demo, è possibile prendere spunto dai sorgenti software per il PIC che AMS pubblica all'indirizzo [5].

More Info


***Bibliografia e riferimenti***

***1.-AS3953 home page: http://ams.com/eng/AS3953***

***2-.AMS home page: http://ams.com/eng***

***3.-AS3911GP_GUI, download from http://www.space4ams.at/user/AS3911GP_GUI/default.php User:GPgui password:hgewdt3***

***4.-AS3953 GUI, download from http://www.space4ams.at/user/AS3953_GUI/default.php User: as3953_gui password:rtvzi3***

***5.-AS3953_MCU_PIC24_FirmwareSource_3.1.6 http://ams.com/eng/content/view/download/358800***

**28,5 MILIARDI DI COMPONENTI**
pronti per la consegna!

Rutronik24 e-commerce è il Vostro consulente virtuale e personale per l'acquisto di componenti elettronici.
I vantaggi legati alla possibilità di effettuare più rapidamente ordini online si combinano con i servizi di consulenza personale, su misura delle Vostre esigenze. I Vostri processi aziendali saranno così notevolmente semplificati.

Verificate di persona le possibilità che Rutronik24 e-commerce Vi offre.

Registratevi al sito
**www.rutronik24.com**

www.rutronik.com
RUTRONIK
ELECTRONICS WORLDWIDE

# Gli Amplificatori a Bassissima Corrente di Polarizzazione

*di John Munson*
*Kevin Scott*
*Linear technology Corp.*

*Evitare di portare in saturazione il driver di uscita utilizzando amplificatori di corrente con sensori ad alta impedenza, con una corrente di polarizzazione dell'ordine dei pA!*

Occupiamoci dei casi nei quali abbiamo la necessità di poter disporre di amplificatori di corrente con bassa corrente di polarizzazione, cercando di portare degli esempi concreti. Quando si eseguono misure su sensori, il tipo di eccitazione del sensore impiegata varia notevolmente: può trattarsi di un segnale CC o CA, un generatore di tensione o di corrente, un generatore di impulsi e altro ancora. Quando si impiega un generatore di corrente per l'eccitazione o si usa un sensore ad alta impedenza, spesso la corrente di polarizzazione dell'amplificatore è una specifica importante, poiché può creare un termine di errore di tensione indesiderato mentre la corrente di polarizzazione circola attraverso una resistenza esterna. Per questo motivo, in molte di queste applicazioni spesso sono necessari amplificatori di corrente

a bassa corrente di polarizzazione.
Questo è illustrato nella Figura 1, in cui l'amplificatore d'ingresso a FET da 500 MHz con corrente di polarizzazione dell'ordine dei femptoampere LTC6268 viene impiegato per convertire la fotocorrente in una misura di tensione. Nel caso ideale, la corrente del fotodiodo (IPD) sarebbe uguale alla corrente di retroazione (IFB) e IBIAS sarebbe pari a zero; ma un amplificatore di corrente con corrente di polarizzazione nulla non è una soluzione attuabile. Tuttavia, grazie a una corrente di polarizzazione tipica di ±3 fA e una corrente di polarizzazione di ±4 pA in condizioni di sovratemperatura, l'LTC6268 stabilisce lo standard per gli amplificatori di corrente ad ampia larghezza di banda e ridotta corrente di polarizzazione.

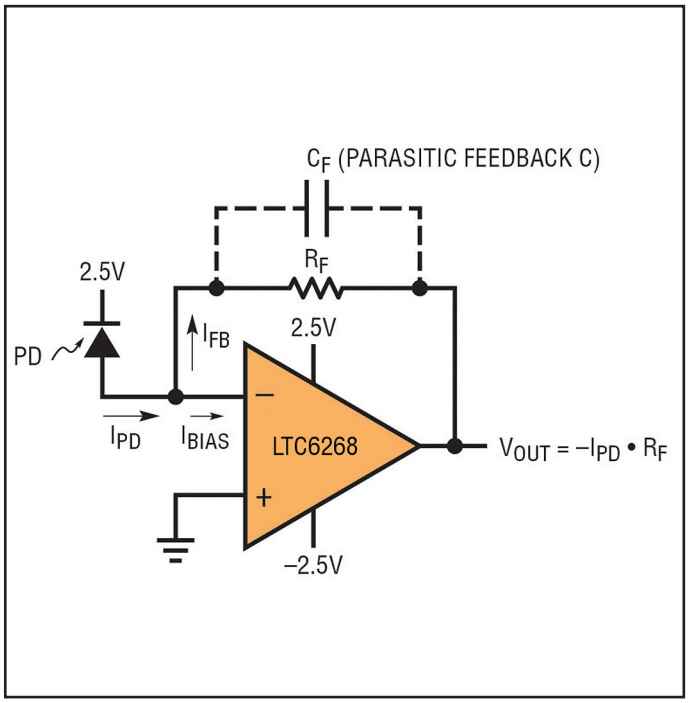



*Figura 1: Errore in $I_{BIAS}$ in un'applicazione di regolazione del segnale di un fotodiodo*

## SATURAZIONE IN USCITA

La tipologia di sensori che richiedono amplificatori di corrente a bassa corrente di polarizzazione è ampia: fotodiodi, accelerometri, sensori chimici, trasduttori di pressione piezoelettrici o piezoresistivi e idrofoni. L'utilizzo di un amplificatore di corrente a bassa corrente di polarizzazione con un sensore ad alta impedenza può causare problemi se l'ingresso dell'amplificatore viene sovra-pilotato, poiché ne può conseguire un aumento della corrente di polarizzazione. Quando si verifica questa condizione, l'amplificatore può rimanere "bloccato", con il segnale d'ingresso non più in grado di ridurre il segnale di uscita per rimediare alla condizione. Il circuito buffer LTC6091 mostrato nella Figura 2 esemplifica dove ciò si può verificare facilmente. L'LTC6091 è un amplificatore di precisione da 140 V, doppio, con corrente di polarizzazione di soli 50 pA (max a 25°C), un'escursione dell'uscita "rail-to-rail" e tensione di offset d'ingresso di soli 50 µV. L'intervallo di tensione in modo comune è limitato a 3 V dalle linee di alimentazione.
Per comprendere la situazione, osserviamo prima lo stadio d'ingresso dell'amplificatore, illustrato nella Figura 3.

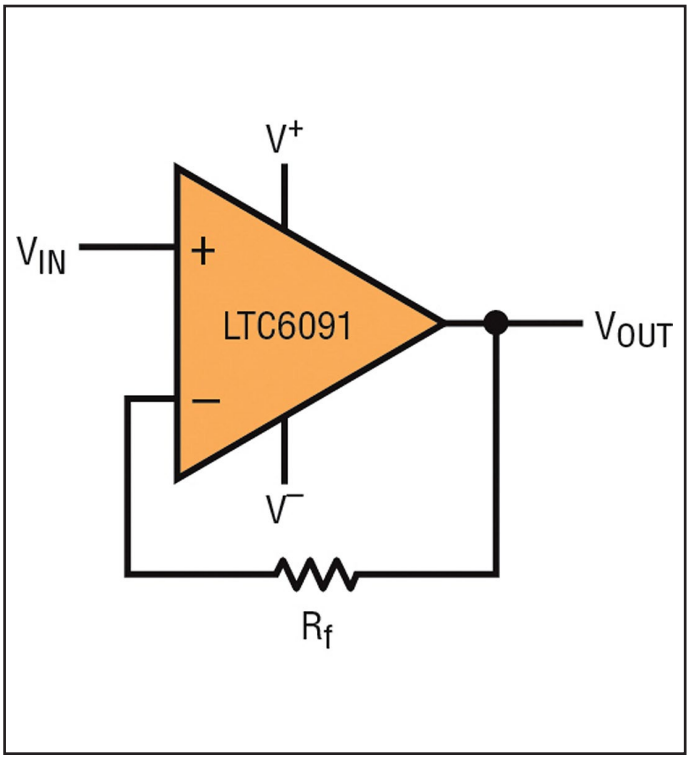



*Figura 2: LTC6091: un'uscita satura può causare una violazione del modo comune d'ingresso*

## STRUTTURA D'INGRESSO DELL'AMPLIFICATORE

Lo stadio d'ingresso consiste di +INA e -INA, i gate della coppia differenziale del MOSFET a canale N del primo stadio dell'amplificatore. Quando l'uscita va in saturazione a causa di un sovrapilotaggio all'ingresso, occorre una corrente di polarizzazione attraverso la rete di protezione dell'ingresso per ridurre quest'ultimo quanto basta affinché il dispositivo possa uscire dalla zona di saturazione. Tuttavia, innanzitutto l'elevata impedenza del generatore non è in grado di produrre una corrente di polarizzazione significativa, e quando l'ingresso è sovrapilotato e l'uscita va in saturazione, l'ingresso -INA può essere portato a un livello più alto fino a superare il limite della tensione di modo comune. In questa situazione, la natura differenziale della coppia può venire meno, causando uno stato di uscita indeterminato; se quest'ultimo fa sì che l'uscita rimanga satura, è necessaria una corrente di polarizzazione aggiuntiva per ripristinare il normale funzionamento.

## LA SOLUZIONE

La Figura 4 mostra una semplice soluzione al problema nel circuito di un amplificatore di strumentazione, utilizzando una configurazione a tre am-

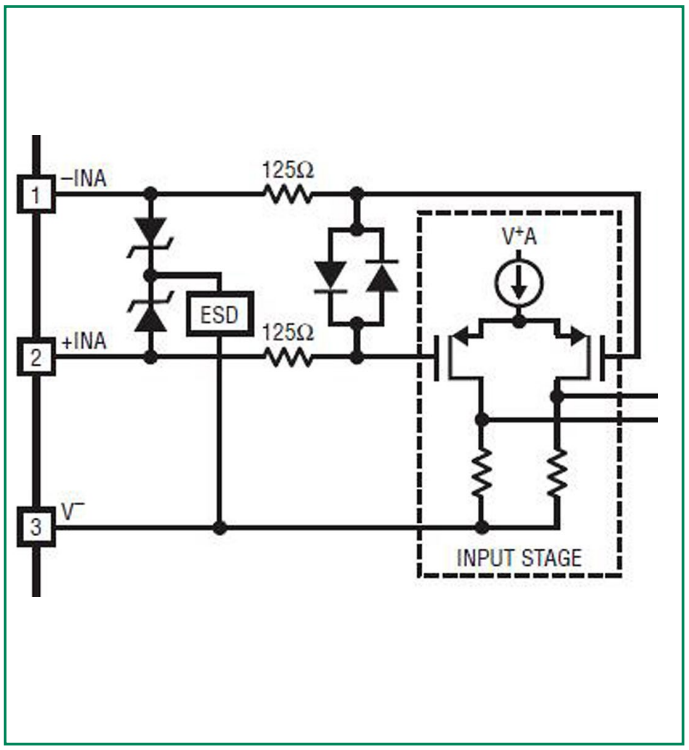



*Figura 3: Stadio d'ingresso dell'amplificatore con IBIAS pari a 50 pA dell'LTC6091*

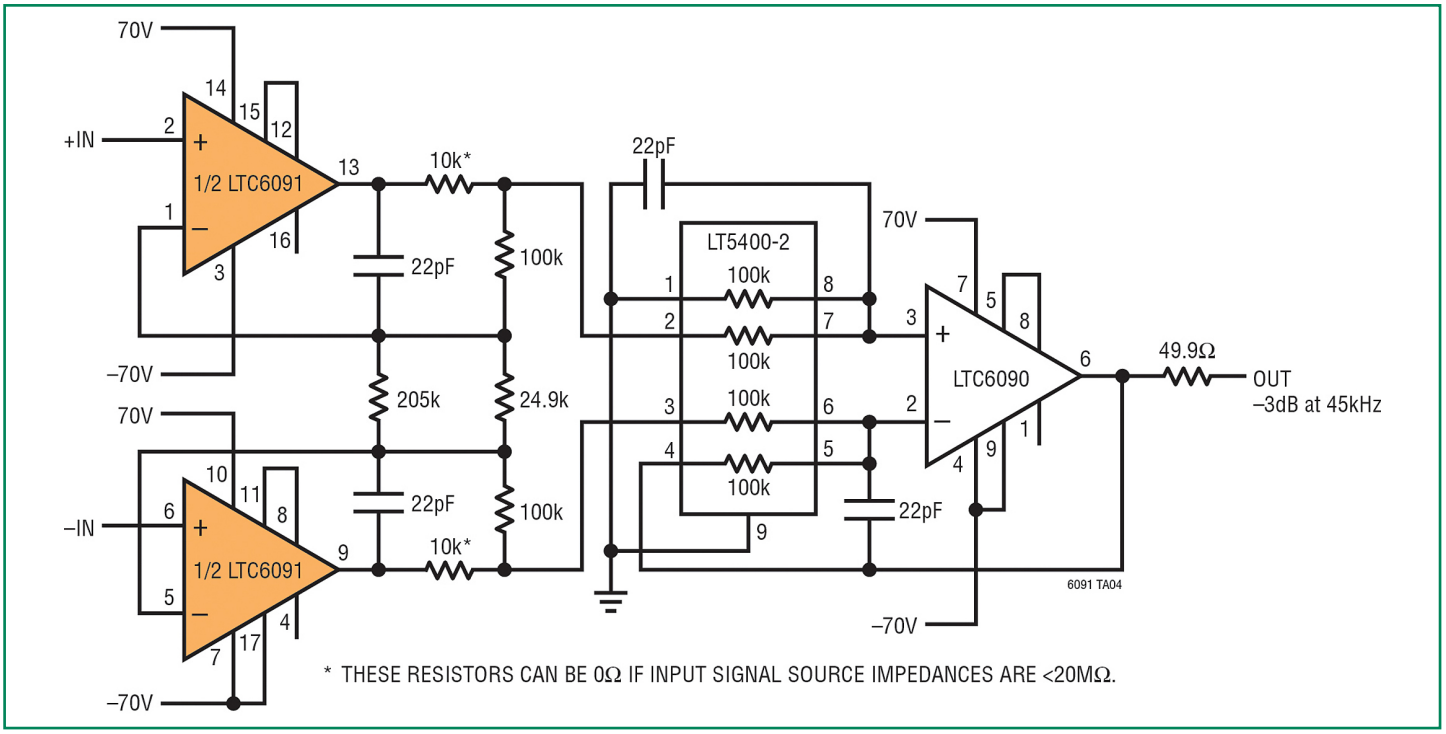



*Figura 4: I resistori da 10 kΩ impediscono all'uscita dell'amplificatore di andare in saturazione*

plificatori. L'LTC6090 è una versione ad amplificatore singolo dell'LTC6091 doppio, mentre l'LT5400-2 è una rete resistiva quadrupla adattata con funzionamento a ±75 V, con quattro resistori da 100 kΩ selezionati con una tolleranza migliore dello 0,01%.

All'uscita vengono aggiunti due resistori da 10 kΩ per limitare l'escursione di uscita del caso peggiore e far sì che la tensione di retroazione non superi mai l'intervallo di modo comune dell'ingresso dell'amplificatore. Test empirici mostrano che per valori di resistenza del generatore superiori a 20 MΩ, la corrente di polarizzazione potrebbe non essere sufficiente a "liberare" l'ingresso +INA se rimane "bloccato". Con resistenze del generatore inferiori, è possibile abbassare l'ingresso +INA dopo un evento di sovrapilotaggio contro la corrente di dispersione del dispositivo di protezione che deve essere superata (ossia, il generatore d'ingresso con Z elevata mantiene il controllo).

Linear Technology offre un'ampia gamma di amplificatori di corrente a bassa corrente di polarizzazione con un'ampia gamma di specifiche prestazionali e requisiti sulla tensione dell'alimentatore. Questi dispositivi possono aiutare a realizzare il vostro progetto del sensore a livelli prestazionali ottimali.

More Info

# La Conversione Tensione - Corrente di un Segnale

*di Thomas Mosteller*
*Field Applications Engineer*
*Linear Technology Corp.*
+

*Convertire con precisione un segnale in tensione compresa fra 1 e 5 V in un'uscita a corrente compresa fra 4 e 20 mA diventa un'impresa alquanto semplice utilizzando un dispositivo di Linear particolarmente adatto allo scopo.*

Nonostante la scomparsa, prevista da lungo tempo, dell'anello di corrente a 4 –20 mA, questa interfaccia analogica costituisce ancora il metodo più frequente di collegamento di generatori ad anello di corrente a un circuito di rilevazione. A tal fine, occorre convertire un segnale di tensione – in genere compresa fra 1 e 5 V – in un'uscita a corrente compresa fra 4 e 20mA. Rigorosi requisiti di accuratezza impongono l'uso di costosi resistori di precisione o, per conseguire comunque gli obiettivi del progetto, di un potenziometro di regolazione per la compensazione della tolleranza nei valori di componenti meno precisi. Ma né l'una né l'altra tecnica sono ottimali nell'attuale ambiente di produzione basato su apparecchiature di test automatiche che impiegano dispositivi a montaggio superficiale: è difficile installare resistori di precisione

in contenitori a montaggio superficiale, mentre i potenziometri di regolazione richiedono l'intervento dell'operatore, un requisito incompatibile con gli obiettivi di produzione. La rete resistiva quadrupla calibrata Linear Technology LT5400 aiuta a risolvere questi problemi in un circuito semplice, che non richiede alcuna regolazione con potenziometro, ma ciò nonostante assicura un errore totale minore dello 0,2 % (Figura 1). Il circuito utilizza due stadi amplificatori per sfruttare le caratteristiche di adattamento uniche della rete LT5400. Il primo stadio applica un'uscita compresa fra 1 e 5V, in genere ottenuta da un convertitore D/A, all'ingresso non invertente dell'amplificatore operazionale IC1A. Questa tensione fa sì che la corrente attraverso R1 sia pari esattamente a VIN/R1 attraverso il FET Q2. La stessa corrente viene fatta circolare attraverso R2, per cui la tensione al terminale inferiore di R2 è quella di 24 V dell'alimentazione di anello, meno la tensione d'ingresso. Questa parte del circuito ha tre cause principali di errore: la selezione dei valori di R1 e R2, la tensione di offset di IC1A e la corrente di dispersione di Q2. I valori esatti di R1 e R2 non sono critici, ma devono corrispondere fra di loro con esattezza. La rete LT5400A consegue questo obiettivo con un errore di ± 0,01 %. L'LT1490A presenta una tensione di offset minore di 700 µV da 0 a 70°C e che

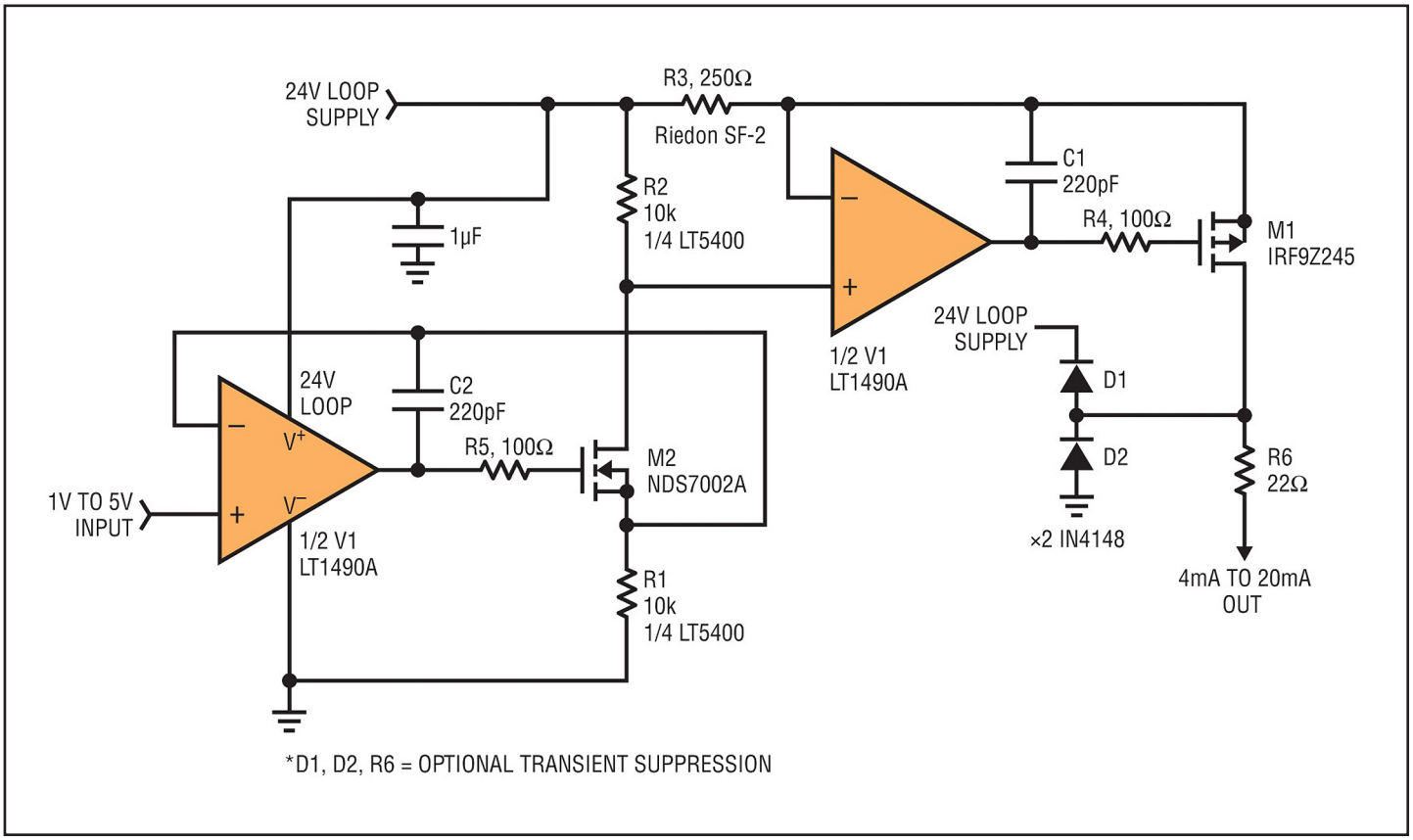



*Figura 1: Resistori selezionati consentono la conversione precisa da tensione a corrente*

www.sena.com

ZigBee Member

# ProBee Series

## Il nuovo standard per la comunicazione wireless

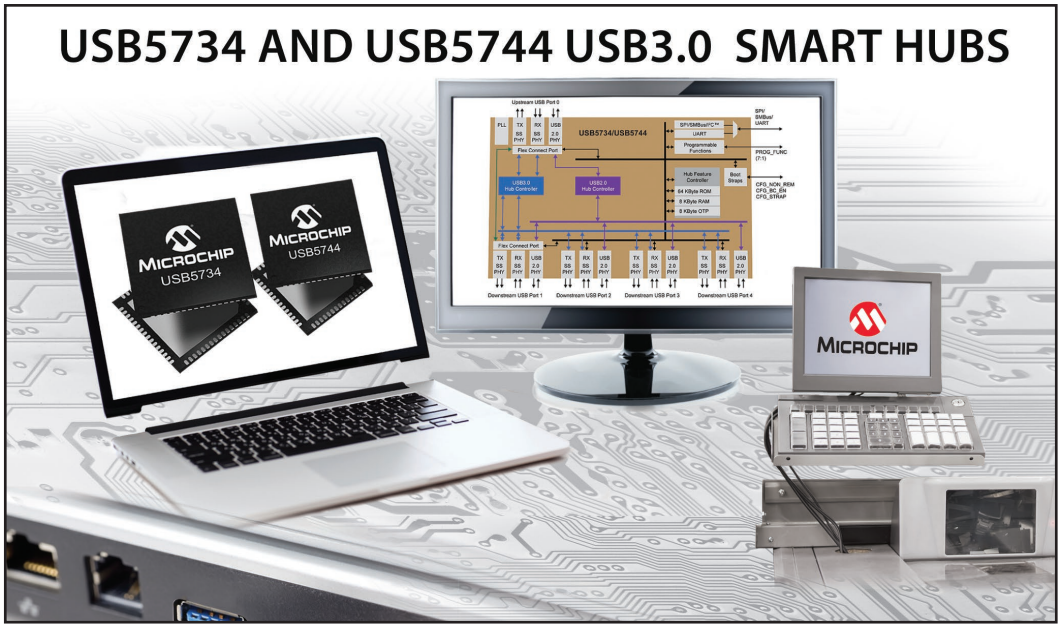
Coupon per l'acquisto degli Starter KIT con il 10% di sconto: A54E485H100AW

**ProBee** ZigBee Certified

- Supporto completo della connettività wireless ZigBee 2007 / ZigBee Pro
- Coprocessore integrato 2.4GHz, IEEE 802.15.4 compliant
- Fino a 1.6Km (1 miglio) di portata tramite l'antenna dipolo opzionale 5 dBi
- Disponibilità di un Windows Tool per la semplice configurazione
- Supporta la configurazione remota e l'aggiornamento del firmware

SENA

E' un prodotto distribuito da elettroshop.com brilliant electronics since 1998




# I nuovi Smart Hub di Microchip

Microchip annuncia i primi USB3.0 Smart Hub a consentire lo swapping tra porte host e device, I/O bridging, e varie altre interfacce seriali di comunicazione. Gli USB5734 e USB5744 dispongono di un microcontroller integrato che consente nuove funzionalità per gli USB hub e al contempo riducendo i costi BOM complessivi e la complessità software. La famiglia USB5734/44 è certificata dal logo USB-IF (TID 330000058) ed è caratterizzata dalla migliore integrità di segnale del settore, per progetti dei PCB più robusti e affidabili e minore sensibilità verso variazioni di cavi, connettori e layout. Uno Smart Hub è un Hub USB che integra funzioni system-leveltipicamente associati ad un MCU o un processore separato. I nuovi USB3.0 Smart Hub di Microchip consentono all'host controller di upstream di comunicare con numerosi tipi di periferiche esterne oltre la connessione USB attraverso il direct bridging dalla USB alle interfacce I2C, SPI, UART e GPIO. Questa funzionalità integrata può ridurre significativamente la complessità della progettazione del sistema eliminando la necessità dell'aggiunta di microcontroller esterni e, al contempo, fornendo miglior controllo dall'host USB hardware. La tecnologia Microchip brevettata FlexConnect offre agli Smart Hub USB5734 l'eccezionale capacità di swap dinamico tra un USB host e un USB device attraverso comandi di sistema hardware e/o software che danno al nuovo USB host l'accesso a risorse downstream. La stessa tecnologia FlexConnect può anche commutare risorse downstream comuni tra due differenti USB host. Inserire FlexConnect in un sistema semplifica i requisiti software complessivi dell'host primario, dato che i class driver e applicazioni software rimangono in locale sul Device-turned-Host.

Gli sviluppatori di sistemi possono facilmente configurare porte e scegliere le impostazioni di applicazioni con bootstrap da economiche resistenze. Se sono richieste funzionalità più avanzate, gli USB5734/44 possono essere configurati e programmati con il tool di programmazione ProTouch2 di Microchip.

I controller hub USB5734 e USB5744 USB3.0 possono servire una vasta gamma di applicazioni informatiche, embedded, medicali, industriali e networking. Tra gli esempi di applicazioni finali

troviamo, tra gli altri, HDTV, tablet, notebook, eReader, fotocamere, docking station, monitor, dispositivi palmari, apparecchiature point-of-sale (POS), ATM, set-top box, break-out box e sensori di movimento. Disponibili in un package 56-pin, 7 x 7 mm, gli USB5744 sono i più piccoli Hub USB3.0 sul mercato, per applicazioni nelle quali lo spazio su scheda sia una variabile importante. Gli USB5734 e USB5744 sono supportati dal USB 3.0 Controller Hub Evaluation Board (EVB-USB5734) di Microchip e USB 3.0 Small Form Factor Controller Hub Evaluation Board (EVB-USB5744) subito disponibilii. L'EVB-USB5734 include delle mezzanine card che possono essere usate come configurazioni di applicazioni preimpostate per un facile testing e sviluppo di sistemi USB5734

More Info

# Sviluppo di applicazioni per picodisplay più veloce

Texas Instruments ha annunciato la disponibilità del modulo di valutazione (EVM) TI DLP LightCrafter Display 4710, un nuovo strumento per sviluppatori che consente di valutare velocemente il chipset DLP Pico con architettura TRP (Tilt & Roll Pixel) per display da 0,47 pollici con risoluzione Full-HD a 1080p.

Fra le applicazioni spiccano insegne digitali, proiettori portatili (con alimentazione a batteria o da rete), TV senza schermo, pannelli di controllo, display interattivi e dispositivi indossabili come visori e caschi (head-mounted display). L'EVM e il chipset sono in vendita su TI.com. Per maggiori informazioni, visitate www.ti.com/4710evm.

Caratteristiche principali e vantaggi del modulo di valutazione DLP LightCrafter Display 4710

- Valutazione rapida del chipset DLP Full-HD più piccolo in commercio (il chipset TRP da 0,47 pollici Full-HD a 1080p), in grado di generare immagini in full-HD ad alta luminosità con bassi consumi da dispositivi elettronici di piccole dimensioni.
- L'interfaccia Mini High Definition Multimedia Interface (HDMI) offre funzionalità di collegamento plug-and-play con vari dispositivi informatici.
- Una semplice interfaccia grafica su micro-USB consente di valutare il chipset in tempo reale in termini di funzionalità e periferiche supportate.
- Motore ottico di alta qualità per velocizzare il ciclo di sviluppo dei prodotti.

Per aiutare gli sviluppatori ad accelerare l'integrazione del chipset TRP Full-HD 1080p da 0,47 pollici nelle loro applicazioni, è disponibile un nuovo progetto di riferimento TI Designs, Full-HD Projection Display using DLP Pico technology, completo di diagramma a blocchi, schemi, file di progettazione della scheda, dati di collaudo e specifiche del motore ottico.

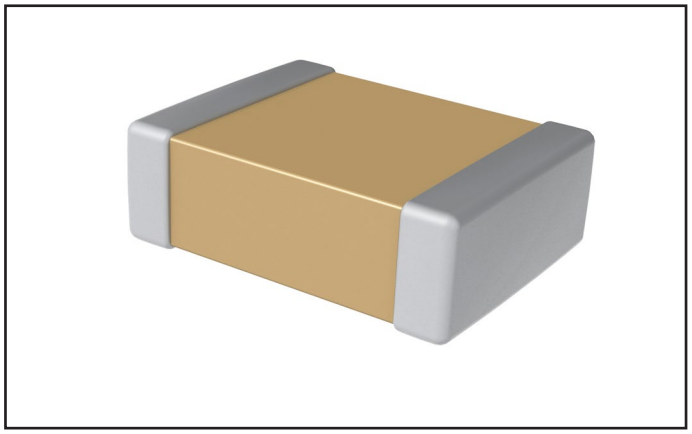
Per ridurre ulteriormente i tempi di commercializzazione di prodotti innovativi, TI mette a disposizione degli sviluppatori il più vasto ecosistema di produttori di pico-motori ottici del settore, grazie al quale gli sviluppatori non hanno bisogno di avere specifiche competenze di ottica. Per maggiori informazioni rivolgetevi a un membro dell'ecosistema DLP.

More Info

## 4Discovery il nuovo display intelligente di 4D Systems!

4D Systems ha annunciato 4Discovery, il nuovo display intelligente TFT LCD 3.5" 480×320 pixel con touch resistivo da parete. Il nuovo 4Discovery può essere utilizzato in una vasta gamma di applicazioni come principale GUI: home automation (domotica), controllo aria condizionata, sicurezza, controllo accessi, controllo luci, controllo industriale e HMI, in pratica un piccolo ma potente display intelligente da applicare alla parete e controllare facilmente numerose applicazioni. Il nuovo display pesa solo 80 gr e ha un'area visibile di 48,96 x 73,44 mm con un ingombro di 74 x 117 x 22 mm. Tra le caratteristiche tecniche troviamo: Processore DIABLO 16, micro-SD, 16MB di Flash memory, RTC, interfaccia RS485 2 wire che può essere utilizzato come master o slave e WiFi opzionale

More Info



## KEMET continua a innovare nel campo dei condensatori ceramici ad alta temperatura

KEMET ha annunciato una nuova famiglia di condensatori per applicazioni industriali ad alte temperature con dielettrico X7R. A differenza di altre soluzioni, questi nuovi dispositivi garantiscono il corretto funzionamento alla tensione nominale fino a 175 gradi centigradi. Sono anche offerti con una scelta di terminazioni flessibili e sono conformi alle direttive RoHS senza alcuna esenzione.
Questi nuovi condensatori ad elevata temperatura risultano particolarmente adatti per realizzare applicazioni destinati a condizioni

operative estreme, come l'esplorazione petrolifera, i motori aerospaziali, le sonde geofisiche, il controllo di processi industriali, i veicoli commerciali pesanti o speciali e le attrezzature di cantiere.

More Info

## Cresce il successo di Android nel mercato dei sistemi embedded

I risultati di un recente sondaggio condotto a livello globale da VIA Embedded confermano che Android è in forte crescita anche in ambito industriale. Sono state intervistate 250 realtà che operano nel mondo embedded, chiedendo loro di condividere opinioni, benefici e sfide che derivano dall'utilizzo di Android.

Ecco alcuni risultati emersi:

- Il 93 % degli intervistati ha dichiarato che stanno utilizzando, o hanno intenzione di utilizzare, Android per progetti in ambito industriale.
- Prime tre aree di utlizzo: automazione industriale, infotainment e digital signage
- Primi tre vantaggi: supporto touch screen, riduzione dei tempi di commercializzazione e personalizzazione
- Primi tre sfide: mancanza di un supporto di I/O, mancanza di competenze interne, mancanza di strumenti di sviluppo.

Trovate i risultati completi della ricerca in questione al pulsante info.

More Info

## La nuova e rivoluzionaria generazione di controllori serie iQ-R

Mitsubishi Electric ha presentato la nuova e rivoluzionaria generazione di controllori serie iQ-R. L'ambiente produttivo è oggi particolarmente complesso e pieno di sfide competitive. Grazie alla soluzione e-F@ctory di Mitsubishi Electric, supportata dalla nuova serie iQ-R, i produttori possono affrontare queste sfide con una preparazione migliore e ottenere un vantaggio competitivo, sulla base dei concetti e del design avanzato di iQ-R che vanta più di 47 nuovi brevetti.

- Protezione a 360°

La protezione di attività, competenze e processi produttivi è un'esigenza sempre più importante, e iQ-R è stato pensato proprio per soddisfare queste necessità e dare sicurezza ai suoi utilizzatori.

- Velocità, prestazioni, eccellenza

Grazie al nuovo bus ad alta velocità offrono uno scambio dati maggiore di circa 40 volte rispetto l'attuale iQ Platform, che era già uno dei sistemi più veloci sul mercato

- Tempi di progettazione ridotti per una reazione più veloce sul mercato

La riduzione garantita in modo sistematico del carico progettuale inizia con l'interfaccia di programmazione GX Works3, che aumenta la riutilizzabilità del programma e al tempo stesso offre opzioni avanzate per il monitoraggio e la diagnostica dei guasti

More Info

## MICROCHIP'S MASTERS CONFERENCE

Microchip's MASTERs Conference è divenuta il punto di riferimento per I progettisti embedded. Le varie edizioni sono dislocate in 6 paesi e prevedono sessioni di training, workshop e corsi per tutti i livelli. Gli argomenti trattati vanno dal motor control, power supply design, lighting control, communication protocols (USB e TCP/IP), programmazione C, display grafici e tecnologia touch- sens, progettazione di sistemi analogici.

**Dove:** Phoenix, Arizona

**Quando:** 19-22 agosto 2015

## SAVE VERONA 2015

Fiera Automazione, Strumentazione, Sensori è un appuntamento innovativo che unisce una parte espositiva in fiera ad una forte componente formativa. Area espositiva dove incontrare agli stand i principali leader di settore, centinaia di convegni e workshop accessibili per gli operatori qualificati, molti eventi internazionali e un evento speciale in contemporanea, gli operatori professionali accedono gratuitamente alla mostra e usufruiscono di tutti i servizi.

**Dove:** Verona

**Quando:** 27-28 ottobre 2015

## ILLUMINOTRONICA 2015

**Human Centric Lighting Technologies**

Un riferimento unico in Italia che si propone, di identificare tecnologie, soluzioni e sistemi intelligenti nella illuminazione a LED e nella domotica per il benessere e la sicurezza dell'individuo.

**Dove:** Padova

**Quando:** 8-10 Ottobre 2015

## POWER FORTRONIC

Promosso da Assodel (Associazione Italiana Distretti Elettronica) in collaborazione con il Consorzio Elint, il Power Fortronic rinnova a Bologna il consueto appuntamento italiano con l'elettronica di potenza. I temi del forum analizzeranno i progressi nei dispositivi di potenza a semiconduttori e il loro impatto sui futuri sistemi di potenza, comprese le tecnologie chiave per i veicoli elettrici e la loro infrastruttura, per le future linee di trasmissione e la gestione delle parassitiche nei dispositivi di commutazione ultra-veloci. L'evento si rivolge a tecnici, progettisti, Buyer e operatori del settore.

**Dove:** Bologna - Zanhotel & Meeting Centergross•

**Quando:** 17 Settembre 2015

# Firmware

**DIRETTORE RESPONSABILE**
Antonio Cirella
**DIRETTORE TECNICO**
Roberto Armani

**Hanno collaborato in questo numero:**
Stefania Valentini, Orlando Rossi Irio Lavagno, Henry J.Zhang, Massimiliano Anticoli,Thomas Mosteller, Mario Rotigni, Francesco Pentella, Luca Stanzani, John Munson

**Direzione Redazione**
INWARE srl
Via Giotto, 7
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504794
Fax 02.42101817
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione:
fw@inwaredizioni.it

**Pubblicitá per l'Italia**
*Agostino Simone*
*Tel. 347 2230684*
*media@inwaredizioni.it*

**Europe and Americas**
*Elisabetta Rossi*
*Tel. +39 328 3245956*
*international@inwaredizioni.it*

**Asia**
*Cybermedia Communications Inc.*
*asia@inwaredizioni.it*

**Rest of the world**
*Inware srl*
*Tel. +39 02 66504794*
*info@inwaredizioni.it*

**Ufficio Abbonamenti**
INWARE srl
Via Giotto, 7
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504794
Fax 02. 42101817
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02. 66504794
Fax 02. 42101817
Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n. 20 del 16/01/2006

**© Copyright**
Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati. Manoscritti, disegni e fotografie sono di proprietà di Inware Edizioni srl.
È vietata la riproduzione anche parziale degli articoli salvo espressa autorizzazione scritta dell'editore. I contenuti pubblicitari sono riportati senza responsabilità, a puro titolo informativo.

**Collaborare con FIRMWARE**
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all'attenzione di Roberto Armani (r.armani@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

Firmware è disponibile anche in lingua inglese, per informazioni www.fwonline.net

# Firmware

Ti è piaciuta questa anteprima?

Vuoi acquistare la rivista completa a soli **4,99 EUR**?

CLICCA QUI

Attenzione! Per soli 3 EUR in più puoi acquistare una **Membership GENIUS mensile** e accedere a **TUTTE** le riviste Fare Elettronica e Firmware contenute su IEcloud! Approfittane!

CLICCA QUI